

С. БИР

НАУКА УПРАВЛЕНИЯ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 762



С. БИР

НАУКА УПРАВЛЕНИЯ

Сокращенный перевод с английского *Л. А. Какунина*



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА — 1971

6Ф0.1
Б64
УДК 658 5

Бир С.

Б64 Наука управления (перев. с англ.), М., «Энергия», 1971

112 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 762)

Популярно изложены основные положения науки управления и некоторые методы исследования операций применительно к решению задач, возникающих при управлении производством.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, работающих в различных областях знаний и интересующихся вопросами применения методов исследования операций.

$\frac{3\text{-}4\text{-}5}{314\text{-}70}$

6Ф0.1

S. Beer

Management science

Aldus Books, London, 1967

Бир Стаффорд

Наука управления

Редактор *Ю. Л. Голубев*

Обложка художника *А. А. Иванова*

Техн. редактор *В. В. Зеркаленкова* Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 4/IX 1970 г. Подписано к печати 19/I 1971 г.
Формат 84 × 108/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 5,88 Уч.-изд. л. 8,42
Тираж 30 000 экз. Цена 40 коп. Зак. 452

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано с готового набора в Московской типографии № 10
Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР
Шлюзовая наб., 10 Зак. 36

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Книга С. Бира посвящена одному из наиболее актуальных и бурно развивающихся направлений современной науки — науки об управлении деятельностью человеческих коллективов. Еще совсем недавно считалось само собой разумеющимся, что управление в этом смысле — это искусство и что для того, чтобы хорошо управлять, достаточно знать экономику и иметь практический опыт. И только начиная со Второй мировой войны, с появлением исследования операций стало утверждаться мнение, согласно которому управление организационными системами есть не только искусство, но и наука, причем наука количественного характера с развитым математическим и вычислительным аппаратом. С. Бир принадлежит к числу наиболее последовательных, ярких и плодовитых пропагандистов и практиков такой точки зрения. Именно ее он и отстаивает в своей новой книге популярного характера. Книга написана очень легко, большей частью в шутливом тоне, что не мешает автору излагать в ней глубокие и нетривиальные идеи. Основные вопросы, рассматриваемые в ней, относятся к учету неопределенностей, моделированию организационных си-

стем, принятию решений, обеспечению их выполнения и роли автоматизации процессов организационного управления. Эгу книгу с удовольствием прочтут как те, которые занимаются практикой организационного управления, что поможет им лучше разобраться в сущности новых методов организационного управления, так и специалисты по управлению, математики и т. д., которые смогут почувствовать проблематику новой для них области.

Доктор технических наук,
профессор *С. В. Емельянов*

Глава первая

ПРОЦЕССЫ И СТРАТЕГИИ

Что нужно человеку для того, чтобы успешно справляться с задачами управления? Ответ кажется очевидным: знания и опыт. Хотя руководитель и организатор * — понятия разные, наличие у организатора качеств руководителя весьма часто недооценивается в современном управлении. Несомненно, существует много видов деятельности организатора, которые зависят от его характера, решительности, энергии, чутья. Но задачи управления бесспорно требуют от организатора обширных знаний и умения мыслить.

Прежде всего, организатор должен уметь формулировать стратегию. Он всегда работает ограниченный рамками стратегии, составленной им самим, продиктованной ему дирекцией или правительством. Однако факт остается фактом — выполняя свою работу, организатор всегда должен сам разрабатывать стратегию на некотором определенном уровне.

Во-вторых, организатор должен принимать решения, учитывая ограничения, которые налагает стратегия. Обычно думают, что момент принятия решения содержит в себе нечто драматическое. Это объясняется тем, что решения, о которых слышишь в новостях, всегда связаны с драматическими событиями. В повседневной жизни, однако, в процессе трудового дня организатор сталкивается с необходимостью принятия множества мелких решений, кажущихся скучными и прозаичными, которые, тем не менее, в сумме приводят к успеху или провалу того дела, за которое он несет ответственность.

В-третьих, организатор, который формулирует стратегию и использует ее для принятия соответствующих решений, ничего не достигает, не имея в своем распоряжении аппарата для осуществления принятых решений. Этот аппарат может существовать и независимо от него; когда он приступает к работе, он получает в свое распоряжение штат сотрудников, службы и пр Но от организатора

* Под словом организатор здесь и далее мы подразумеваем человека, чья главная задача — правильно организовать управление производством. На современных предприятиях руководитель и организатор — как правило, одно и то же лицо — управляющий, заведующий, директор и т. п. (Прим. ред.)

зависит, как распорядиться этим аппаратом Он может получить цифры и не знать как их использовать. Он может настолько восстановить против себя подчиненных, что они никогда не будут оказывать ему полной поддержки. Короче говоря, он должен нести персональную ответственность за тот способ управления, который он выбрал.

Выработка стратегии, принятие решения и управление — вот те три функции администрации, выполнять которые должен каждый руководитель. Вы можете прекрасно справляться с любыми двумя из них и все же «завалить» работу из-за отсутствия способностей



Рис. 1. Организатор, который не наделен тремя основными функциями управления, может быть уподоблен человеку, едущему на одноколесном велосипеде. В течение короткого промежутка благодаря личным качествам он может виртуозно сохранять равновесие, но затем последует неизбежное падение. В этом смысле трехколесный велосипед выглядит предпочтительнее.

к третьей. И что бы там ни говорили о «твердости характера» или «умении руководить», этими качествами нельзя заменить комплексный трехсторонний подход, преимущества которого особенно явны при длительной работе.

ИСКУССТВО? ДА, НО И НАУКА ТОЖЕ

Как уже говорилось, организаторы управляют, применяя свои знания и опыт. Это значит, что они полагаются на знание своей области производства, а также всего производства, которое и помогает им определить нужную стратегию и принять нужные решения. Но только опыт может научить их, как именно управлять и контролировать. Неудивительно поэтому распространенное мнение, что управление — это искусство. И это действительно так.

Если рассуждать подобным образом, то кораблестроение, конечно, тоже искусство. Многие тысячи лет люди строили корабли,

основываясь лишь на знании того, как ведет себя на воде простая долбленая лодка, но, постоянно набирая опыт, становились все более искусными в этом деле. В настоящее время, однако, кораблестроение — это нечто большее, чем те знания, которые обычно передавались от отца к сыну. Взаимозависимые факторы были сведены в систему и составили стройное, доступное целое, новые идеи можно проверить на соответствие данной системе; новые открытия могут войти в нее как составная часть. *То, что мы называем наукой,— есть систематизация и суммирование знаний и опыта.*

Когда мы строим систему знаний, приобретенных опытом, мы получаем в результате ту основу знания, которую можно передать любому человеку. В этом заключается основная ценность систематизации. Вместо передачи информации от поколения к поколению, от одного ремесленника к другому путем подражания и с помощью указаний и намеков наука очищает человеческую мудрость, делая ее наиболее содержательной. Систематизация позволяет установить лучшую связь того, как передавать знание, с тем, что именно следует передавать.

Так, например, молодой человек может поступить в вуз и в течение нескольких лет изучить там бóльшую часть общей мудрости человечества, относящейся, например, к кораблестроению. Возможно, что он не только изучит практические методы в этой области, но и приобретет также довольно большие познания в области физики, химии или, скажем, биологии. Когда он закончит курс обучения, он все еще будет, как мы выражаемся, «зеленым». Ему останется узнать гораздо больше о том, как все эти знания применить на практике, так как знание и умение — это не одно и то же.

Когда речь заходит об управлении, воцаряется странное молчание. Нет ни общего соглашения о существовании такого предмета, как наука управления, ни единодушного мнения, что умению управлять, вообще говоря, можно обучиться. Причина, очевидно, заключается в том, что никто еще не систематизировал опыт, который человечество накопило в области управления. В этой книге мы попытаемся показать читателю, что кое-что в этой области уже достигнуто.

Когда мы, однако, утверждаем, что управление это наука, мы вовсе не отрицаем, что управление есть искусство. Так, человек с гениальным даром проектирования зданий не становится меньше художником лишь потому, что он еще и знающий архитектор; более того, человек, сочетающий в себе эти два качества, представляет большую ценность для общества.

Не следует путать утверждение о возможности существования систематизированных знаний об управлении с утверждением, что наверняка есть какие-то особые методы организации производства, которые можно изучать. Эта ошибка, как нам кажется, часто свойственна даже самым осведомленным и высокопоставленным лицам. Мы знаем, что организатор должен уметь разбираться в бухгалтерском балансе, в счетах и тому подобном; очевидно это умение можно передавать. Однако справедливость высказывания, что управление — это наука, этим доказать нельзя (если вообще это нужно доказывать). Наука всегда говорит о существе предмета; она не имеет отношения к техническому мастерству.

В наше время мы признаем, что основы знания стали наукой если: 1) явления поддаются количественному измерению; 2) фактами признаются только те результаты, которые получены много

раз, многими наблюдателями при одинаковых методах измерения; 3) гипотезы выдвигаются для объяснения уже существующих факторов и проверяются всеми доступными воображению способами; 4) гипотеза, не рухнувшая под грузом фактов в течение многолетней проверки, приобретает статус Закона; 5) чтобы объяснить законы, создаются теории, которые в свою очередь подвергаются проверке.

Приведенные этапы невозможно расположить в хронологическом порядке. Кажется очень разумным, что факты надо собирать прежде, чем выдвигать теорию. На самом же деле это не всегда правильно и даже не всегда возможно. Иногда необходима хоть какая-нибудь теория, чтобы решить, какие именно факты накапливать или

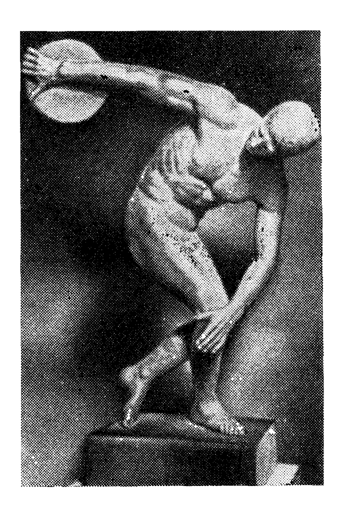


Рис. 2. Статуя дискобола является произведением искусства. Однако для создания впечатления движения неподвижного объекта скульптором использованы, вероятно, систематические научные принципы.

же каким способом их измерять. Но исторически зачатки науки возникали, по-видимому, в указанном здесь порядке хотя бы потому, что первые стадии менее сложны, чем последующие.

Таким образом, наука обычно начинается с попыток проведения количественного анализа. И в былые времена начинающий ученый часто не получал признания исключительно из-за того, что он втайне верил в необходимость измерений. Ему говорили, что такие попытки либо невозможны, либо безнравственны, либо богохульны, либо даже опасны. А ученого-новатора часто пытались обезвредить, подвергая его труды самой жестокой цензуре. Область управления в этом отношении не была исключением. Самые первые попытки включить в процесс, который, как считалось, подчинялся лишь проницательности и чутью, столь прозаическую процедуру, как измерения, насмешливо отвергались. Но этот этап, вне всякого сомнения, уже позади. Сегодняшний организатор прекрасно знает, что для того, чтобы успешно управлять, ему необходимы всевозможные цифровые данные.

Прошла большая часть нашего века прежде, чем в управлении окончательно утвердились точные методы. В битве, закончившейся в пользу новой науки, родились две основные ее задачи. Первое —

это деловой учет, который ни в коем случае не следует путать с давно известной практикой подсчета прибылей и убытков, чем занимались финансисты старой закалки. Деловой учет исследует детально все относящееся к прибылям и убыткам, проводя строгое различие между ценой продукта и его стоимостью.

Вторая задача — это изучение рабочего процесса. Теперь это считается обычным методом хорошего управления, но появление этого метода было началом науки об управлении, ибо те люди, которые принимаются за подсчеты использованных материалов и потраченного времени после того, как работа уже сделана, выдают

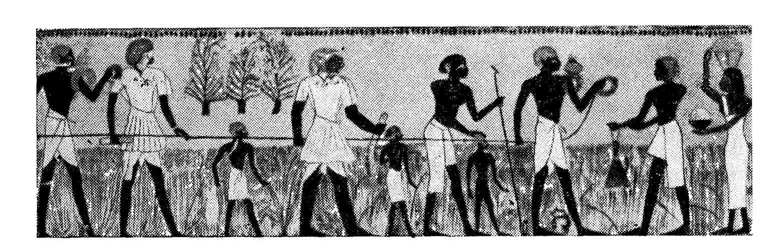


Рис. 3. Измерения, проводимые в связи с ирригацией, можно рассматривать как зачатки науки в Египте.

желаемое за действительное. И по сей день организатор, распорядившись изучить какой-либо метод работы или отхронометрировать какую-нибудь рабочую операцию, может столкнуться с самыми неожиданными результатами.

ЦИФРЫ — ЭТО ЕЩЕ НЕ ВСЕ

Большинство людей среднего поколения помнят старую шутку, бывшую в ходу около пятнадцати лет назад: «Я уже все решил, и не пытайтесь сбить меня с толку фактами!». В этом анекдоте, помимо того, что он с бородой, сейчас уже нет ничего смешного. Мы очень хорошо понимаем теперь необходимость точных фактов и измерений. Однако это пока только начало; к сожалению, слишком много организаторов полагают, что внедрение научных методов в их работу полностью завершено. В промышленности часто считается неопровержимым довод, подкрепленный стоимостными оценками. Когда какой-либо доклад сопровождается таблицами, графиками и статистическими приложениями, он приветствуется как глубоко научный. Но такая подборка фактов в действительности лишь начало научного процессса.

Вообще говоря, мы должны употреблять слово «научный» с большой осторожностью, так как за последнее время оно сильно обесценилось. С одной стороны, благодаря ядерным бомбам и исследованию космоса человек уверовал в могущество науки. С другой стороны, эта новая, могущественная репутация науки используется в коммерческом мире для рекламы высокого качества продукции. Таким образом, мы моем голову научным способом, чистим зубы научно созданной зубной пастой и покупаем любой товар, снабженный магическим ярлычком «чудо современной науки».

Суть в том, что мы не можем позволить себе остановиться на столь тривиальном представлении о науке Хотя наука начинается с наблюдения и регистрации данных, основная ее задача заключается в построении моделей окружающей действительности и в особенности «самовоспроизводящихся» моделей. Ибо только в процессе понимания таких моделей мы проявляем способность, которая отличает человека от остальных животных· способность предсказывать. Наличие у человека именно этой способности, причем специфически развитой, делает успешной работу хорошего организатора.

Организатор видит модель в поведении всего производства или той его самостоятельной части, которой он занимается. Он может сказать бухгалтеру: «Вы представили мне данные, и, вне сомнения, они точны; но вопрос не только в цене! Я должен считаться с

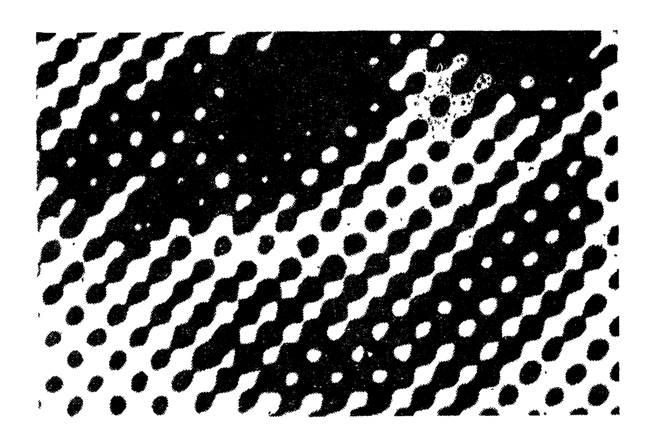


Рис. 4 Слишком подробное рассмотрение может помешать пониманию проблемы в целом (на рисунке приведено изображение человеческого глаза, данное очень крупной сеткой).

впечатлением, которое останется у заказчика, с деловыми отношениями и многими другими вещами». Таким образом, если управление производством действительно становится наукой, то эта наука должна продолжать изобретать и выбирать способы для измерения таких явлений, которые в настоящее время, казалось бы, не поддаются учету. Нельзя почивать на лаврах, когда в некоторых случаях удается проделать количественный анализ и получить необходимые данные. В частности, нельзя удовлетвориться проведением количественного анализа только процессов. Самые важные модели деятельности администрации не имеют отношения к процессам; они связаны, как уже говорилось вначале, со стратегией, решениями и управлением

Мы подошли к критическому месту. Наука об управлении, используя методику, источником которой в основном явилось изучение природы, исследует работу организатора. Работа же эта лишь незначительным образом определяется тем процессом, которым управляют. Она протекает в области предсказаний и оценки раз-

личных факторов, с тем чтобы определить, какие из них действительно влияют на ход дела; эти факторы и необходимо количественно оценить. Цель науки управления состоит также в том, чтобы свести полученные количественные данные в некоторую систему, характеризующую ситуацию. Это предполагает выдвижение гипотез о том, почему данные факторы действуют именно таким образом, а также позволяет сформулировать «законы», действующие в данной ситуации. Для выполнения всего этого необходимо проведение не только измерений, но и исследование операций.

ИСТОКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПЕРАЦИЙ

Ведущие фирмы начали понимать необходимость в проведении исследования операций уже в годы между двумя мировыми войнами. Однако понадобилась Вторая мировая война, чтобы подтолкнуть процесс образования науки об управлении и поднять ее на ступень выше. Это происходило примерно следующим образом. Незадолго до начала войны началось очень быстрое развитие науки и техники, однако новые возможности не были полностью осознаны военной мыслью ни одной из воюющих сторон. Когда разразилась война, противники обнаружили, что их стратегии рухнули под давлением этих новых возможностей, предоставленных наукой и техникой, которые они до этого не сумели должным образом оценить.

Давайте рассмотрим несколько примеров. Французская армия убедилась, что она не в состоянии защитить границы своей страны при помощи неуязвимых укреплений линии Мажино, потому что существуют новые методы обхода таких укреплений. Англичане обнаружили, что их убежденность в том, что Британия — владычица морей, не более, чем иллюзия; блокада едва не привела Англию к поражению, поскольку новые, усовершенствованные методы нападения оказались полностью неожиданными. Германские воздушные силы обнаружили, что их бомбовая стратегия не всегда приводит к ожидаемым результатам, так как к тому времени уже изобрели радар. Несомненно, все эти случаи не являлись результатом отсутствия знаний и опыта; и мощные армии различных наций, вступившие в военные действия в 1939 г., не испытывали недостатка в точных данных, доказывающих правильность применяемой тактики и стратегии. Но взаимодействие новых стратегий не было проверено, и результаты были предсказаны неточно.

Очень важно понять, в чем тут дело. На первый взгляд, одна из воюющих сторон просто не додумалась до лучшего вооружения, существующего у другой воюющей стороны. Проблема, казалось бы, чисто технического порядка: надо изобрести ответ на это оружие или придумать новое, еще более эффективное. На самом деле проблема значительно глубже. Сухопутная армия, подготовленная к ведению траншейной войны, оказывается ввергнутой в хаос воздушными десантами противника, так как ее оборонительная стратегия не учитывает этой возможности. Она могла бы действовать гораздо более успешно даже при существующем вооружении, если бы придерживалась более подходящей стратегии. Подобно этому организатор может распоряжаться техникой или другими средствами более или менее эффективными по сравнению с тем, что имеется у их соперников. Но это только один из компонентов борьбы. Битву решает стратегия, учитывающая все возможности, имеющиеся у противной стороны.

В условиях войны в Англии начал применяться научный подход к исследованию вопросов стратегии и тактики; впоследствии это вылилось в создание целого научного направления, которое получило название «Исследование операций». Начало было положено изобретением радара в 1938 г. Ученые и военное командование быстро поняли, что это техническое открытие обесценивает всю стратегию противовоздушной обороны Соединенного Королевства. Эта стратегия основывалась на том, что информация о ходе военных событий будет неизбежно страдать некоторыми ограничениями. Между тем существование радара давало возможность преодолеть эти ограничения. И тогда военные власти пригласили для совместного сотрудничества и выработки новой стратегии связанных с этой проблемой ученых. Этот опыт оказался столь успешным, что к 1941 г. группы по исследованию операций существовали уже в британских вооруженных силах во всех трех родах войск.

УРОКИ ПЕРВОГО ОПЫТА

Ускорение развития науки управления оказалось необычайно важным и поучительным в смысле будущих невоенных ее применений. В самую первую очередь стало ясно, что управление и наука должны весьма тесно сотрудничать, сохраняя при этом свою специфику, так как невозможно продвигать что-либо одно: науку или управление. И если существует наука управления, достойная этого названия, то обе составляющие ее силы должны работать с полной отдачей и взаимно уважать друг друга.

Второй урок военного периода исследования операций заключается в том, что ученый, бравшийся за разрешение организационной ситуации, сначала никогда не мог определить, к каким именно областям науки придется обратиться. Теперь очевидно, что наука не может содержаться в мозгу одного единственного ученого. Могут понадобиться технические знания и способности представителей самых разных наук, если группа исследования операций желает использовать возможности науки в полном объеме. Таким образом, в самом начале войны перед операционными группами встала задача подбора ученых разных специальностей с тем, чтобы охватить весь объем человеческих знаний в целом. С момента своего рождения группы исследования операций были и остаются по сегодняшний день примером взаимодействия многих наук.

Еще один из уроков, который был довольно быстро усвоен, но почти полностью забыт впоследствии, — это уязвимое звено в вопросе о количественном анализе Если вы хотите выработать стратегию, которая даст вам возможность выиграть битву, то бесполезно ждать, пока все существенные факторы станут известны и вы сможете их зафиксировать. Противник обычно проявляет удивительное нежелание помочь вам в этом.

Любую конфликтную ситуацию (в области военной, индустриальной или коммерческой) можно рассматривать как игру, в которой участвуют две стороны или по крайней мере одна сторона сражается с природными трудностями. Некоторые из подобных игр, например шахматы, являются играми «с полной информацией»; их можно исследовать чисто формальными научными методами. Это задача исключительно для прикладного математика, который должен определить природу данной игры и указать правильную стратегию для данных обстоятельств.

Но управление по существу своему имеет дело с играми «с неполной информацией». В случае игры с неполной информацией всегда возможно, и довольно легко, приобрести некоторую первоначальную информацию об объекте управления. Но затем организатор сталкивается с серьезными препятствиями и попадает в такую область, где дополнительная информация приобретается только лишь ценой колоссальных затрат. В военной сфере — это разведка; в гражданской жизни — весьма дорогостоящие исследования природы (геологические, биологические или метеорологические) или рынка. На практике информация об игре никогда не является полной. Поэтому получается, что исследование операций, как и вся эмпирическая наука, имеет дело меньше всего с анализом и дедукцией, а более — с экспериментом и индукцией. Имея сведения о всех событиях, можно получить определенный ответ путем соответствующего вывода. Зная же только некоторые факты, необходимо отыскивать новые способы решения, которые позволили бы придти к заключению.

СИСТЕМА, ПРЕДСКАЗАНИЕ И ВЫГОДА

Тогда, что же такое исследование операций, пытающееся выводить умозаключения (путем индукции), делать выводы путем использования эмпирических методов? Ответ очень простой. Это — попытка раскрыть природу той системы, которая порождает определенную ситуацию, подлежащую изучению. Если известно, что это за система, каким образом она характеризуется в количественном отношении, каковы логические взаимосвязи внутри системы и каковы они по отношению к остальной части мира, то может быть использована вся мощь предсказания. Составные части управления — стратегия, решение, схема управления достаточно эффективны, так как они могут «справиться» с тем, что может произойти в процессе функционирования системы. Хотя исследование операций начинают с оценки параметров, оно заканчивается вычислением значений вероятностей тех или иных событий.

В примере, который мы хотели вам привести, бросается в глаза существенное различие между настоящим и будущим, между дедукцией и индукцией, а также между управлением, основанным на анализе фактов, и управлением, основанным на понимании основной системы, порождающей факты. История эта сама по себе не такая уж выдающаяся, но со смыслом. В крупном универсальном магазине было решено выяснить, какой отдел имеет наибольший оборот и прибыль в расчете на квадратный метр площади, и посмотреть, к какому заключению можно придти, если исходить из полученного ответа.

Подсчет показал, что наиболее доходным оказалось кафе-кондитерская. Некий управленческий ум, питаемый этой информацией, мог бы принять решение такого вида: «Необходимо переделать весь универсальный магазин в ресторан». Обратите внимание, что это заключение правильно лишь в том случае, если бы в данный момент каждый посетитель пришел бы вдруг к выводу о необходимости выпить чашку чая. Тогда прибыль могла бы даже превысить любые предположения. Однако совершенно очевидно, что это невозможно, и одинаково ясно, что система, которую учреждает универсальный магазин, не допустит реализации этой стратегии в будущем, ибо новая система, целью которой будет получение максимального дохода, вообще не будет иметь посетителей.

Сделанное заключение не является ошибочным только потому, что оно нелепо. Имеется вполне определенное основание ошибаться. Речь идет вот о чем. При изменении характера системы, которая обеспечивает прибыль отдела магазина, мы меняем вероятность получения этой прибыли. Следовательно, стратегия, основанная на поверхностном анализе ситуации и экстраполяции имеющихся результатов в будущее, является, по всей вероятности, неправильной.

Выход представляется в проведении операционного исследования, обеспечивающего расчет всей системы получения прибыли на научной основе. Выполнение подобного исследования покажет, какие изменения в системе приведут к получению совокупности более предпочтительных ответов при изменившихся обстоятельствах. Ясно, что это может быть сделано при изучении только работы всего магазина в целом, а не путем подсчета прибыли его отделов. Короче говоря, основное, чего достигнет администрация благодаря проведению операционного исследования, — это возможность отчетливо представить себе всю деятельность магазина как органическое целое, определить структуру основной системы и провести расчеты с точки зрения динамики развития этой системы.

ПОНЯТЬ — ВО-ПЕРВЫХ, ПОСТАВИТЬ ДИАГНОЗ — ВО-ВТОРЫХ, ПРЕДПИСАТЬ — В-ТРЕТЬИХ

Как мы позже узнаем из этой книги, практика исследования операций во всех областях управления, проводимая за последнюю четверть века, привела к созданию целого арсенала специальных методов, главным образом математических, с помощью которых может быть успешно рассчитана цена возможных стратегий управления. Эти методы призваны помогать в выборе наилучшего сочетания факторов для получения более высоких доходов. Но хотя этими методами и пользуются специалисты, занимающиеся исследованиями операций, они не являются ядром науки, поскольку основой ее является исследование системы.

Чем характерен данный объект управления? Это должно определяться путем проведения эмпирического исследования. Необходимо разобраться в сути дела, определить количественную сторону и сделать вывод при наличии неполной информации. И только тогда, когда все это сделано (далее мы увидим, как это осуществляется), можно воспользоваться численными методами.

В настоящее время еще имеет место замена научного подхода частными решениями стереотипных проблем. Никто ведь не спутает деятельность фармацевта с медицинской практикой И тем не менее в наши дни организаторы довольно часто пытаются использовать могучее орудие исследования операций без привлечения эмпирической науки, на которой только и должно базироваться применение этих методов. Это похоже, скажем, на копирование рецепта, который некто пытается, пусть даже успешно, использовать применительно к самому себе, поскольку он так хорошо помог госпоже Смит.

Попытаемся просуммировать все эти предварительные замечания. Научный подход к управлению при своем возникновении был связан с необходимостью проведения количественных измерений в ходе процессов. Это явилось хорошим началом. Оно дало нам бухгалтерию управления и исследование рабочей деятельности. Однако измерения не исчерпывают существа научного метода, равно как

изучение процессов, которые этот научный метод определяет, не исчерпывает роли управления.

Деятельность организаторов связана с необходимостью решения трех интеллектуальных задач определения стратегии, принятия решения и управления. Наука может помочь в каждом из этих трех случаев. Путем исследования взятых из реальной жизни систем она находит их характерные особенности, определяет количественно их параметры и формулирует задачу прогнозирования: как поведет себя система при выборе того или иного способа управления? Сравнение эффективности возможных путей управления является основной задачей операционного исследования

Возникновение и первый опыт существования исследования операций дали нам три основных урока Во-первых, проблемы управления охватывают ситуации, информация о которых является крайне неполной. Мы должны определить, какой ценой может быть получено большее количество информации, и предложить пути получения максимальной информации от минимального количества данных. Во-вторых, поскольку никто не знает, какие отрасли науки смогут оказаться полезными в разрешении частной проблемы, группа операционистов должна представлять как можно большее число научных дисциплин.

Третий урок — самый важный. Стратегии, которыми руководствуются организаторы, имеют по крайней мере не меньшую значимость, чем находящиеся в их распоряжении средства Эти стратегии представляют собой пути и способы использования всей системы, находящейся в распоряжении организатора, принимая во внимание возможности, которые открываются перед ним, в целом Этот подход контрастирует с аналитическим подходом, при котором система рассматривается как единое целое Незначительные усовершенствования на отдельных участках системы могут явиться неожиданным образом крайне неблагоприятными для успеха в целом. Уже приводился пример радикального изменения стратегии противовоздушной обороны из-за изобретения и принятия на вооружение радара. В гл. 6 мы еще обсудим, почему проявление такого технического новшества, как электронная вычислительная машина, должно вызвать соответствующее фундаментальное изменение в стратегии управления.

Весьма похвально размышлять о современных способах ведения дел и систематически их улучшать Но этого мало Сегодня необходимо снова подумать об основных структурах управления и связанных с этим общих проблемах. Основной причиной сложности всех этих рассматриваемых вопросов является чрезмерная громоздкость систем. Мы не в состоянии их полностью понять Не представляется возможным определить их в количественном отношении. Ну, и конечно, наш мозг не в состоянии произвести необходимые выкладки. Наука готова помочь в разрешении этих проблем, а также в использовании современных способов и технических средств в аппарате управления. Но мы не должны смешивать средства с самим конечным результатом. Задача заключается в том, чтобы решать проблемы, а не демонстрировать заумные научные методы.

Следующее, на что нужно обратить внимание, — важная роль фактора времени, необходимость учета которого в науке управления налагает основное ограничение. Скажем, организатор столкнулся с проблемой, по которой он должен принять решение не позднее вторника. В этом случае ему не поможет ученый, которому для по-

лучения правильного решения потребуется три года. Абсолютно правильных ответов не существует. Они могут быть хуже или лучше. Но, если до вторника ученый сможет сузить область неопределенности вокруг решения, он сослужит организатору добрую службу. Разумеется, чем больше времени в распоряжении ученого, тем больше шансов, что эту область удастся сузить.

Прежде чем переходить к гл. 2, целесообразно высказать еще одну, последнюю точку зрения, дав тем самым пищу для возможных размышлений. Мы уже говорили о проблемах организатора. Но каковы они? Ему наверняка известно, что трудности существуют; он сталкивается с ними все время. Тем не менее проблемы, которые необходимо решать, носят несколько отличный характер; они лежат в глубине вещей, и трудности могут рассматриваться просто как симптомы. Одна из задач, стоящих перед нами, — раскрыть реально существующие проблемы, а они скрыты в природе системы, которая порождает их. Трудно даже дать название этим реальным проблемам.

Глава вторая

УДАЧА, РИСК И «ПРЕСТУПНОЕ НАМЕРЕНИЕ»

Итак, мы намереваемся использовать при решении стратегических проблем количественные оценки. Нам хочется вычислять ответы на вопросы, связанные с определением стратегии, принятием решения и управлением. О некоторых видах количественного анализа уже говорилось. В частности, известно то количество предприятий, которым мы располагаем, разновидности выпускаемой продукции, габариты изготовляемых предметов и еще достаточно много сведений о стоимости и производственных процессах. Однако задача заключается в том, чтобы произвести оценку возможного решения, и при этом следует исходить из возможности привлечения к этому естественного фактора — удачи.

Для того чтобы совершенно отчетливо представить себе роль фактора удачи, остановимся на нем подробнее, ибо многие явно неверно представляют себе его. К примеру, по их мнению, все, рассматриваемое в науке, строго определено. Они считают ученого трезвым расчетливым умом, продвигающимся шаг за шагом от факта к факту и раскрывающим механику явления по мере его развития. Такие люди уподобляют механику явления просто механике — тому же станку на заводе, «набитому» шестеренками и рычагами. Они склонны считать, что сфера производства или торговли совершенно непохожа на мир науки.

Если спросить этих людей, то они наверняка ответят, что в основе торговой или производственной деятельности лежит удача, а принятие всех связанных с этим решений сопряжено с риском. Однако, если бы эти люди не торопились с ответами, а призадумались, они бы поняли, что наука вовсе не придерживается такого механического и детерминистского взгляда на явления. Мировоззрение ученого XIX в. возможно и было таковым, однако революция, начавшаяся в конце прошлого столетия, абсолютно изменила всю картину. Первые революционные изменения произошли в физике.

Хотя в соответствии с классической теорией ученые и могли сказать, что наблюдается при нагревании и сжатии газов, они оказались не в состоянии ответить, что произойдет с отдельной молекулой. Даже школьники знают, что в соответствии с законом Бойля — Мариотта объем и давление газов находятся в обратно пропорциональной зависимости. Однако в то время никто не мог дать объяснения тончайшей структуре сложных явлений, происходящих в газах, с точки зрения молекулярной теории. Возникла необходимость в разработке способов, применение которых позволило бы определить вероятности соударений молекул.

Непредсказуемость, носящая вероятностный характер, привела к созданию большой науки. Кстати сказать, Гейзенберг утверждал, что если бы вам стала полностью известна кинетическая энергия электрона, тогда оказалось бы невозможным получить полную информацию о его относительном положении. Как обнаружило человечество, вселенная построена не только на непредсказуемости, но и на сильно укоренившейся неуверенности, преодолеть которую подчас не в состоянии даже наука. Вскоре подобные представления начали появляться в других отраслях науки: в химии и генетике, биологии и психологии. В настоящее время в качестве наиболее важного аспекта количественного анализа может рассматриваться деятельность по оценке вероятностей в естественных системах. Применяемый в современной науке математический аппарат разработан скорее для расчета вероятностных параметров, а не определенных величин. И ученый, также как и организатор, видит вселенную не как набор определенных предметов, а скорее как поток неясных взаимодействий.

В ТИСКАХ СЛУЧАЙНОСТИ

Когда в конце предыдущего параграфа говорилось, что случайность — естественная категория, это было сказано чересчур буквально. Странно, что интеллигентные, начитанные люди хорошо знают все это и тем не менее подчас вносят в широкие аудитории архаичные понятия детерминистской науки Просто озадачивает, почему все так происходит. Возможно, причиной этому — сама система школьного обучения, которая учит таким понятиям уже полвека, не считаясь с развитием самой науки. Так и получается, что порой мы несем в широкие аудитории понятия, которые росли и закреплялись в нас с раннего детства, понятия устаревшие, и при этом отвергаем все самое новое, почерпнутое из современной научной литературы. Вероятно — а это хуже всего — мы, не сознавая ошибки, отвергаем саму потенциальную возможность научного вмешательства в прерогативы управления производством.

Не говоря о том, что должно быть тесное сотрудничество между ученым и организатором, последний обязан сам уметь находить и использовать элемент случайности в своей работе Не то что ему вменяется в обязанность проводить соответствующие математические расчеты, он просто должен знать, какую «математику» ему следует привлекать в том или ином случае. В предыдущей главе уже было замечено, что многие относятся к любому исследованию как к «научному», будь в нем хотя бы несколько цифр. Считать так, может быть, утешительно, но все это превращается в сплошное надувательство, когда кое-кто начинает говорить о «вычисленном риске». Что они действительно подразумевают, — так это то, что риск не поддается расчету.

Субъективные оценки вероятностного характера редко можно сделать достаточно точными, исключая, конечно, простейшие случаи. Например, пусть в комнате находятся 90 человек. Какова вероятность того, что по меньшей мере у двоих из них совпадают месяц и день рождения? Для того чтобы определить значение вероятности P, некоторые делят 90 на 365 и говорят, что вероятность такого события равняется 0,25 (один шанс из четырех), что является достаточно малой величиной. Другие же считают, что значение вероятности должно быть еще ниже. Что касается данного случая, то можно показать, что на самом деле $P = 0{,}99998$. Поскольку случай $P = 1{,}0000$ соответствует полной определенности, то шанс найти по меньшей мере пару «собратьев по дню рождения» из упомянутых 90 человек реален в такой степени, в какой это вообще возможно в нашей жизни. Математический анализ показывает, что в случае 23 человек значение вероятности такого события равняется 0,5 или 50%.

Точная вероятность нахождения по крайней мере одной пары «собратьев по дню рождения» из группы в r человек определяется по формуле

$$P = 1 - \left[\left(1 - \frac{1}{365}\right)\left(1 - \frac{2}{365}\right)\left(1 - \frac{3}{365}\right)\dots\left(1 - \frac{r-1}{365}\right)\right],$$

которая не может быть использована для оценки в случае большего r. К счастью, математики могут предложить следующую формулу для выполнения приближенных вычислений:

$$\ln(1 - P) = -\frac{r(r-1)}{2\cdot 365},$$

использование которой для практических целей гарантирует достаточную степень точности.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Необходимо обратить внимание на следующие два обстоятельства. Во-первых, поскольку удалось понять, что природа является достаточно неопределенной, необходимо признать, что нецелесообразно полагаться на очень точные цифры в любой ситуации, которая сама по себе характеризуется наличием неопределенности. И все же люди, старающиеся быть реалистами и пытающиеся использовать количественный анализ, часто прибегают к таким цифрам, как например, 23 786 437 руб. Такую величину легко получить путем суммирования множества малых сумм, и при этом предполагается, что каждая из них верна. Тем самым предполагается справедливость итоговой суммы. Здесь мы употребили слово «предполагается». Ученый знает, что невозможно произвести количественный анализ с этой кажущейся точностью, и поэтому он постарается предостеречь организатора от подобных попыток. Опять-таки, если попытаться выбирать между двумя возможными подходами, один из которых, основанный на проведении научного анализа, дает положительные результаты, а второй — отрицательные, то почти нет смысла производить количественные оценки, заходящие дальше, чем просто постановка плюсов или минусов.

И второе обстоятельство. При выполнении вычислений, связанных с днями рождения, для простоты было сделано допущение, что у всех имеется одинаковая возможность родиться в любой день

года. По всей вероятности, это неверно. Каждый может придумывать самые различные доводы в пользу того, что даты дней рождения имеют тенденцию группироваться в определенные периоды года.

Но не будет ли более научным эмпирически исследовать, как дни рождения распределяются в течение года? В узком смысле — да. Однако тогда возникает вопрос: «А зачем рассматривался данный пример?». Конечно затем, чтобы показать, что осуществляемые нами субъективные оценки в виде подсчета значений математических вероятностей довольно часто являются глубоко ошибочными.

Теперь можно отметить, что все рассуждения о приближенности вычислений и упрощающих допущениях заслуживают самого серьезного внимания со стороны работников сферы производства. В гл. 1 было показано, как начальные шаги по применению науки в управлении привели организаторов к пониманию того обстоятельства, что принятие обоснованных решений невозможно без предварительного рассмотрения фактов. Однако в этом чуть не была допущена переоценка. Колоссальные издержки пришлось понести из-за составления слишком уж подробных схем оценки стоимостей, из-за некритического подхода к изучению рыночного спроса, а также из-за изучения тех сторон продукции, которые не связаны со сбытом. Поэтому, если наука управления будет пасовать перед самой идеей о необходимости проведения количественного анализа, это приведет (и уже приводило) к ненужным потерям. Позднее придется посмотреть, каким образом можно их избежать Теперь задача заключается в том, чтобы возвратиться к рассуждениям о случае.

ТАК ЛИ УЖ ПРОСТА «ПРОСТАЯ» СИТУАЦИЯ?

Количественное определение вероятностей путем проведения алгебраического анализа в том виде, как это уже было рассмотрено, может оказаться весьма полезным. В сущности это напоминает то, о чем будет сказано ниже. У обычной игральной кости шесть сторон, после бросания кость может оказаться на любой из них с одинаковой вероятностью. Следовательно, с учетом этого обстоятельства вероятность выбрасывания тройки равняется одной шестой (один шанс из шести). Вероятность одновременного выбрасывания троек при бросании двух костей рассматривается как вероятность возникновения двух независимых событий. В этом случае она составляет одну тридцать шестую. Однако если мы спросим, какое наиболее вероятное количество очков выпадет при бросании пары игральных костей, то оказывается, что наиболее вероятное число — это 7, а не какое-либо другое. Можете сравнить это с процессом мышления. Если обратиться к достаточно большому количеству людей с просьбой назвать, не задумываясь, любое число между 1 и 12, большинство из них наверняка назовет цифру 7. При необходимости большего количества бросаний количественное определение значений вероятности быстро усложняется.

Использование классического понятия вероятности наиболее важно при оценке сложности любой ситуации, которая должна быть управляемой. Если организатор выступает в третьей роли из числа тех, которые ему суждено играть, а именно — в роли контролера, то для успеха весьма важно, чтобы он понимал смысл большого количества возможных комбинаций событий, с которыми ему при-

ходится сталкиваться. Достаточно часто существенные ошибки допускаются при разработке систем управления из-за признания ситуации такой, какой она представляется в данный момент. Результатом подобного подхода является то, что через несколько недель или несколько месяцев, или несколько лет, некоторые из факторов изменяются и ситуация не является уже той, какой она была ранее. Система управления уже не может функционировать должным образом Однако если определить ситуацию достаточно четко, то благодаря классическим вероятностям можно оценить количество возможных состояний

В реальной системе управления используется большое количество необработанных данных. Кибернетика, которая в системе любого вида (механической, электронной, биологической, человеческой,

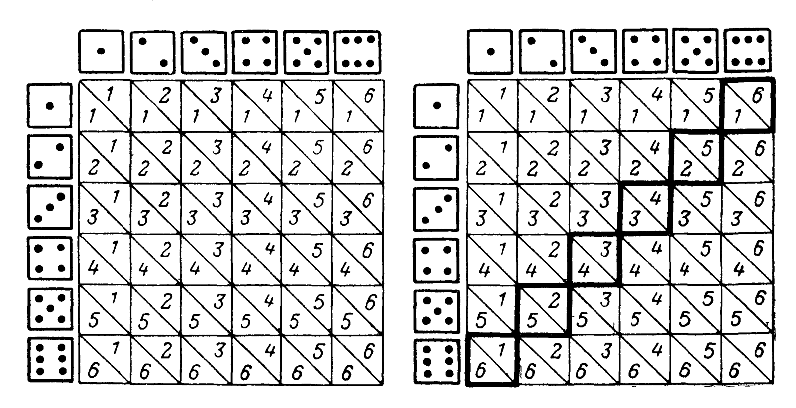


Рис. 5 Как видно из левого рисунка, при бросании двух игральных костей вероятность получения полной суммы в 12 очков, т. е. выпадания двух шестерок, составляет 1/36 (1 шанс из 36); в то же время вероятность получения полной суммы в 7 очков (правый рисунок) равняется 1/6 (6 шансов из 36).

экономической и т. д.) имеет дело с предметом управления, утверждает, что при работе системы управления возможно возникновение такого «разнообразия», которое может иметь место только в случае ситуации, поддающейся управлению. В данный момент разнообразие может быть строго определено как возможное количество различающихся состояний в ситуации. Тогда ситуация, какой она представляется нам на сегодняшний день, — это, по сути дела, одна модель из огромного количества возможных моделей, которые образуют оцениваемое разнообразие.

Рассмотрим следующий пример. Предположим, что имеется производственный агрегат, используемый в десяти технологических процессах. Поступающее сырье распределяется некоторым образом, обеспечивая возможность выполнения этих десяти производственных процедур (один вид распределения необходим для выполнения только одной процедуры, другой — для выполнения пяти процедур и т. д). Давайте возьмем общий случай, когда продукция может продаваться на любом этапе производства. В настоящее время разработана типовая модель распределения и продажи, при исполь-

зовании которой администрация сталкивается с относительно небольшим количеством моделей производства Поэтому, если кого-либо попросят создать систему управления производством для данного случая, он почти наверняка будет предлагать (и в довольно обычной форме) ввести в нее что-нибудь простое дешевое и эффективное, основываясь на том, что простое управление «не может осуществляться неправильным образом».

Уместно задать вопрос: «А что такое правильное управление?». Ибо если оценивать разнообразие ситуации, как это только что описывалось, то можно предложить формулу для определения числа способов, по которой r процедур могут быть выбраны из общего количества n (в данном случае $n = 10$) процедур для обработки поступающего сырья и последующей продажи. Использование формулы опять требует большой вычислительной работы и опять будут предприниматься попытки прибегнуть к помощи математики, с тем чтобы, произведя приближенные расчеты, можно было получить примерно правильный ответ.

Формула количества возможных решений имеет следующий вид·

$$A = \sum_{r=1}^{n} \frac{n!}{(n-r)!},$$

для случая приближенных вычислений

$$A = en!$$

Теперь познакомимся с ответом. Насчитывается приблизительно десять миллионов возможностей, которые должен проверить организатор производства этого совсем крошечного предприятия. Весьма вероятно, что он уже рассмотрел все возможные комбинации и очень большое количество возможностей могут оказаться просто технически невыполнимыми. Совершенно очевидно, что это нехитрое небольшое предприятие усложняется в гораздо большей степени, чем это может быть на самом деле. В частности, если на организатора возлагается ответственность за принятие решения по выбору наиболее предпочтительной группы моделей производства, то прежде чем прийти к заключению, он столкнется прежде всего с необходимостью выполнения массы черновой работы, чтобы исключить возможные решения. В следующей главе мы увидим, каким образом применение науки управления может помочь организаторам разрешить подобную дилемму.

В данный же момент дело вот в чем. Потенциальная неопределенность реальной жизни является гораздо большей, нежели это представляется самому организатору. Тогда существует только лишь один шанс из миллиона, что любое понимание усложненной ситуации на практике совпадает с действительной картиной. Мы довольно редко рассуждаем о различных вещах подобным образом. Например если играется партия в бридж и каждому из четырех партнеров сдаются все масти, то приходится искренне поражаться. Просто отказываешься понимать, что возникновение подобной ситуации — наличие всех мастей на руках у каждого из партнеров — вероятно.

Тогда в известном смысле мы должны постоянно испытывать изумление, когда вещи представляются такими, какие они есть на самом деле. Поскольку это не так, мы слишком легко принимаем модели, которые нам встречаются, и отказываемся исследовать воз-

можные модели, которые могут оказаться гораздо более предпочтительными. С многими подобными вещами удастся познакомиться в последующих главах. Если основываться на рассматриваемых до сих пор аргументах, то можно рассуждать следующим образом. Обычно усложненная ситуация рассматривается как совокупность

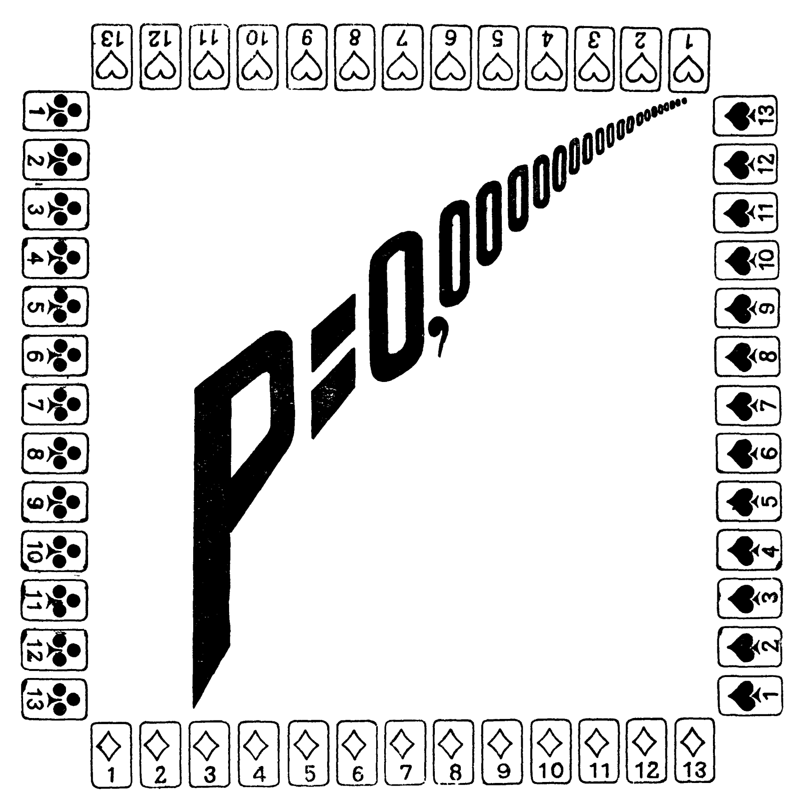


Рис. 6. При карточной игре вероятность строго определенной раздачи весьма мала и может характеризоваться величиной, приведенной на рисунке. В действительности эта вероятность еще меньше ($P = 2 \times 10^{-29}$), если в условие включено, какой игрок имеет данную комбинацию карт.

элементов, объединенных в огромное и искусно сделанное целое. Однако немножко фантазии — и эту же самую ситуацию можно рассматривать как нечто очень простое, причем шанс на возникновение такой ситуации — один из миллионов. Имея это в виду, администрация ставит прежде всего задачу выявления одной реальности из массы существующих возможностей, а не создания несущественных компонентов в целях получения взаимосвязанного целого.

НАСКОЛЬКО БЛИЗКО ДОСТАТОЧНО БЛИЗКОЕ?

Ничто в мире не является точным. Можно сказать, что любое измерение может рассматриваться как точная оценка, полученная с некоторой заданной степенью приближения. Приемлемая степень точности выбирается с учетом возможного использования данной оценки или оценивавшегося объекта. Если мы едем на автомобиле, останавливаемся, чтобы позавтракать, и нам сообщают, что до цели нашего путешествия осталось 100 *км*, то говорить о неточности этой оценки можно лишь при условии знания допустимой величины Здесь нет никакого противоречия с высказанной ранее мыслью, если нам указали расстояние с точностью до 10 *м*. Однако точность в пределах 30 *км* конечно неприемлема. С другой стороны, пластинка-щуп с маркировкой 0,02 *мм* не позволит отклониться от истинного значения ни на 100 *м* ни на миллиметр, ни даже на сотую долю миллиметра. Если бы это произошло, то следующая пластинка-щуп с маркировкой 0,03 заняла бы ее место.

Таким образом, идея пределов по точности весьма ясна. Следующий шаг в нити рассуждений таков Если мы стремимся обеспечить определенную предусмотренную точность и тем не менее допускаем возможность возникновения различий до определенных пределов в обоих направлениях, то уместно задать следующий вопрос. Будем ли мы в результате такого допущения ближе или дальше от цели? В этом заключается сущность правдоподобия вероятностных оценок, и нам необходимо познакомиться с возможными способами его определения.

НАСКОЛЬКО ВОЗМОЖНО ПРАВДОПОДОБИЕ?

Представьте себе игрока, метающего стрелы и пытающегося поразить мишень. Он бросил несколько тысяч стрел, и мы зафиксировали места их попаданий. Непопадание в мишень свидетельствует о выходе за допустимые границы, но нас интересует только лишь картина отклонений в пределах мишени Предположим, что мы имеем дело с сильным игроком, который способен поразить цель, или почти поразить, с высокой степенью вероятности Только в силу чистой случайности пущенные им стрелы не попадут в мишень. Поэтому в центре рисунка, на котором изображена мишень, а все попавшие в нее стрелы представлены в виде точек, будет наблюдаться сильное затемнение. Картина будет постепенно светлеть в направлении к краям мишени, поскольку здесь места попаданий стрел, напоминающие булавочные уколы, разнесены на большие расстояния.

На мишени для стрел можно нанести шесть концентрических колец одинаковой толщины. Тогда центральный круг — это цель, которую необходимо поразить, а остальные кольцеобразные зоны характеризуют собой пять степеней точности, с которой стрелок пытается попасть в цель. Наложение этой решетки на следы попаданий стрел позволяет получить своеобразный план в горизонталях. Плотность попаданий в каждое кольцо говорит о «весе» горизонтали.

В свое время при изучении школьной географии мы познакомились с весьма хитрым приемом, который всегда представлялся неким волшебством. Он заключался в изображении поперечного разреза местности путем проектирования плана в горизонталях. Без всякого сомнения, вы помните, как это делается. Линейка устанавливается

на карте, и в месте пересечения линейки с горизонталью делается отметка. Затем эти отметки проектируются на линию, представляющую собой шкалу в километрах, и записывается весовое значение, чтобы показать форму огибающей поперечного разреза реально существующей территории, с учетом положения холмов и долин. Если повторить этот трюк для случая нашей мишени для стрел, то интервалы между отметками, наносимыми при наложении линейки, будут одинаковыми, поскольку кольца являются концентрическими и имеют одинаковую толщину. При таком способе линия проекции оказывается разделенной на одиннадцать равных частей. В дальнейшем горизонтали, характеризующие частоту попадания стрел, используются для определения весов.

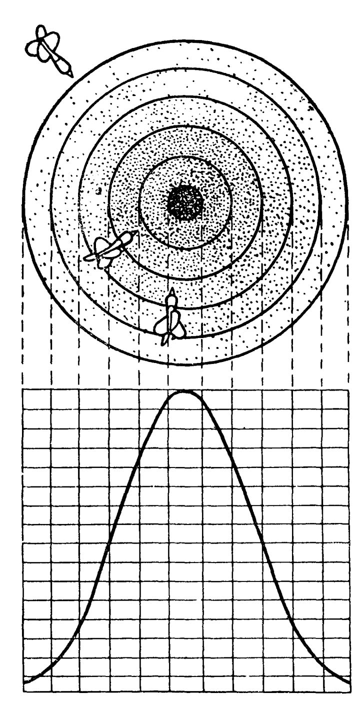


Рис. 7. Если при метании стрел стремятся попасть в центр мишени, но цель поражается не при каждом броске из-за совокупности независимых случайных ошибок, то кривая, построенная по результатам опытов, — это нормальное вероятностное распределение, которое может характеризоваться зависимостью, приведенной на рисунке внизу.

В результате получается кривая колоколообразной формы, которая является одной из самых важных естественных «форм» отклонений. Эта кривая так часто встречается в природе, что получила даже название «нормальной зависимости». Часто ее называют также гауссовой кривой по имени крупнейшего математика Гаусса, который исследовал ее математические свойства.

Каким образом все это связывается с оценкой вероятности? В действительности последний шаг в цепочке доказательств совсем простой. Ибо если в данном примере гауссова кривая строится на основании обработки статистических данных по 100 событиям и одно из этих событий попадает в колонку с отметкой «10», то очевидно, что вероятность попадания в эту же колонку десяти событий равняется 0,01 (один шанс из ста). Тем не менее предположим, что исходя из общего количества ста событий одному из происшедших событий ставится в соответствие число 10 (оно попадает в конец хвоста распределения), в то время, как двум из них — число 9, четырем — число 8 и тринадцати — число 7 (мы приближаемся к центру плотности распределения). Тогда тоже ясно, что вероятность возникновения события, характеризуемого приписываемым ему значением от семи и выше, определяется как $1 + 2 + 4 + 13 = 20$ из 100 или один шанс из пяти

Благодаря математическому исследованию этой кривой можно утверждать, что вероятность появления данного события будет заключена между некоторыми двумя специально выбранными пределами. Фактически верятность того, что любое событие из заданной совокупнсти событий встретится где-либо под «колоколом», равна единице (т. е. оно произойдет наверняка). Следовательно, вероятность того, что оно «произойдет» на некотором выделенном участке площади под этой кривой, определяется той частью, которую этот участок составляет по отношению ко всей площади.

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В ДЕЙСТВИИ

Здесь излагается основное положение теории вероятности. Большинство работников промышленности уже познакомились с его применением в этом простейшем виде для статистического контроля качества. В типичном случае если машина производит деталь заданного размера, то оценка размера детали может быть выполнена с учетом большого количества контрольных выборок, поскольку найденные оценки используются для построения вероятностного распределения. Устанавливая допустимые пределы по обеим сторонам от среднего значения, можно обнаружить, когда машина нуждается в наладке. Заметим, что эти значения не выбираются произвольным образом. При их выборе исходят из того, что имеется, допустим, один шанс из двадцати, что они будут превышены. Другими словами, пределы отсекают два «хвоста» распределения как раз в тех местах, начиная с которых на остающуюся во вне часть распределения приходится 5% выборок. В процессе проведения контроля вскоре становится ясно, попадает ли во вне более 5% выборок. Если это действительно имеет место, то машина превышает допустимую вероятность и правильность наладки машины становится под сомнение. Поэтому машину останавливают и производят проверку правильности ее наладки.

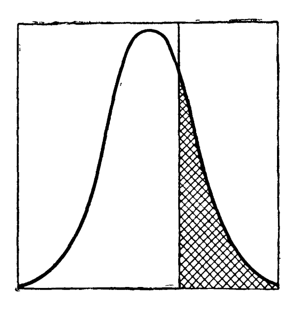


Рис. 8. Отношение площади, ограниченной частью кривой справа от вертикальной линии, к площади всей кривой характеризует количество случаев попадания в отмеченную зону (здесь 27%).

Другая точка зрения, о которой нужно сразу же сказать, заключается в том, что соображения, высказанные применительно к физическим предметам, физическим размерам и стоимости, могут быть отнесены также и к людям. Можно ожидать, что распределение людей по возрастам в случайно взятой группе будет соответствовать гауссовой кривой (подчиняться нормальному закону). Распределение людей по весам также будет характеризоваться нормальной зависимостью; то же самое можно сказать и об их умственных способностях, если их можно оценить. Точность, с которой люди могут изготовлять различные предметы, а также другие простые и важные атрибуты их поведения, оказывается, также может быть охарактеризована подобным образом. Это дает нам первый ключ к научному решению проблемы человека как элемента.

Люди всегда с убеждением будут говорить, что как бы ни был велик научный прогресс в разработке подходов к решению физических и финансовых ситуаций, «человеческие» ситуации наверняка окажутся вне пределов подобных рассмотрений. Это — вздор. Ибо неопределенность вносится человеком в ситуацию точно так же, как и естественными параметрами любого другого рода. Если после отправки товаров конечная цель не достигнута, то не имеет особого значения, произошло ли это из-за того, что снежная буря разрушила товарную платформу на железной дороге, или же клерк по ошибке неправильно указал место назначения. В любом случае материал не попадает тому, кому он предназначался. В любом случае вероятность того, что это событие не произойдет, может быть оценена.

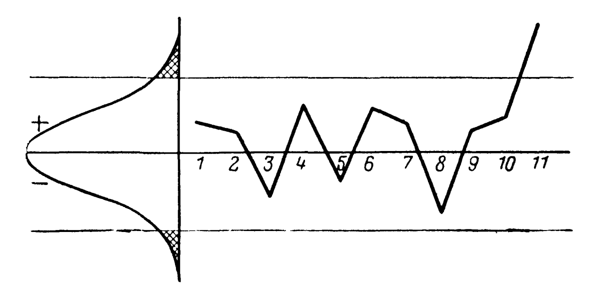


Рис. 9. На выходе любой сложной системы должны ожидаться некоторые отклонения. Нормальная зависимость показывает нам, каким образом устанавливаются фактические границы, в пределах которых можно пренебрегать отклонениями, следя при этом только за отклонениями, выходящими за эти границы.

Теперь мы выяснили причину, почему эта глава называется «Удача, риск и «преступное намерение». Люди часто действуют с преступными намерениями по отношению к тому, кто пытается достичь цели, хотя движущие ими мотивы могут быть в действительности весьма слабыми. Да и сами физические предметы, бывает, нападают на несчастного организатора.

Эта книга не является элементарным учебным пособием по статистике, и поэтому мы не будем развивать далее представление о вероятностном распределении. Однако, чтобы избежать какого-либо риска неправильного понимания, следовало бы сказать, что хотя гауссово распределение достаточно хорошо известно в природе и в управлении, оно не является только единственным встречающимся «видом отклонений». Существует много видов распределений, и все они представляют интерес. Некоторые из них сдвинуты в одну сторону, другие являются уплощенными, третьи — заостренными, а один вид распределения характеризуется даже прямоугольной формой. Такой вид имеет распределение, обусловленное очень большим количеством бросаний игральной кости. На нижней шкале графика шесть интервалов, и в точности одинаковое количество событий в каждой колонке.

ОЦЕНКА ИДЕАЛЬНОГО ОБЪЕМА ЗАПАСОВ

Следующий шаг заключается в том, чтобы определить, какое применение может найти использование вероятностных оценок в сфере управления. Попробуем ответить на такой вопрос. Что такое запас? По многим причинам на этот вопрос трудно ответить. С практической точки зрения можно заметить, что как в промышленности, так и в торговле, где встречаются различные виды запасов, часто случается, что ни один из организаторов не отвечает за определение их размеров. Часто оказывается, что, создавая большие запасы, руководитель старается этим скрыть свою нерасторопность.

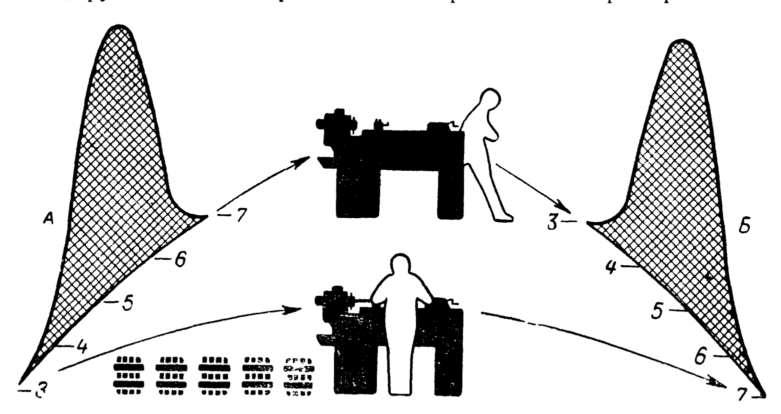


Рис. 10. Свертывание вероятностей. Машина *А* снабжает заготовками машину *Б*, где заготовки подвергаются последующей обработке, при этом обе машины обрабатывают заготовки за одно и то же среднее время. Однако если изготовление детали на машине *А* затягивается, то машина *Б* простаивает и бесполезно «тратит» время (отрицательный запас). Если же машина *А* работает относительно быстро, то запас накапливается между машинами *А* и *Б*.

Запас всегда является как бы буфером между двумя взаимосвязанными группами вероятностей. Рассмотрим две машины — *А* и *Б*. Сырье для машины *Б* поставляется только от машины *А*. Среднее время, необходимое для изготовления единицы продукции на машине *А*, составляет, скажем, 5 *ч*. Среднее время, необходимое для изготовления одной единицы продукции на машине *Б* — также 5 *ч*. Восхитительно, скажут комментаторы, ситуация идеальна. Нет необходимости делать запасы при движении продукции от *А* к *Б*. Такое заключение неправильно и не просто неправильно, а изумительно неправильно.

Как уже было замечено, время, необходимое для изготовления единицы продукции на каждой из машин, будет колебаться в пределах 5 *ч*. Тогда взаимодействие машин может быть проиллюстрировано на приведенном выше рисунке. Рассмотрим следующий случай (нижняя стрелка на схеме). Машина *А* находится в тяжелом положении. Поступающее к ней сырье имеет брак, это приводит к поломке детали в машине, что-то не в порядке со смазкой и оператор у

машины погружен в размышления о домашних неурядицах Тогда из-за этого неблагоприятного стечения обстоятельств работа продолжается не 5, а 7 *ч*. Вероятность того, что подобное событие произойдет, мала, однако возможность такого события не исключена. Одновременно с этим, и также чисто случайно, у оператора машины *Б* выдался отличный день: сырье идет хорошего качества и бесперебойно, безотказно работает машина и сам оператор чувствует себя превосходно, а на вечер назначил свидание с девушкой. Из-за такого стечения обстоятельств на изготовление одного изделия требуется 3 *ч*. В данном случае вероятности возникновения обоих событий независимы; сейчас нет оснований думать о том, что они каким-то образом влияют друг на друга — по крайней мере об этом в рассказанной истории не упоминается, хотя в реальной жизни наличие некоторой вазимосвязи — вполне возможная вещь. Если вероятность возникновения каждого из этих событий равна 0,01, то вероятность того, что оба события появятся вместе, характеризуется величиной 0,0001. Несмотря на столь малую вероятность, одновременное появление обоих событий все же возможно.

Давайте пронаблюдаем, к чему все это приведет. Машина *Б* закончит свою работу и будет простаивать в течение 4 *ч* в ожидании появления другого задания. В этом случае возникает как бы вакуум между машинами, который машина *А* не в состоянии заполнить. Вот почему машина *Б* должна иметь запас.

Поясним другой случай (верхняя стрелка на рисунке). Здесь подразумевается, что машине *А* все время везет, в то время как машину *Б* преследуют неудачи. В этом случае изделие будет ожидать машину *Б* в течение 4 *ч*, и только после этого начнется его обработка. Такую вещь также можно назвать запасом. Следовательно, можно говорить о положительном и об отрицательном запасе между двумя машинами. Однако, какой бы он ни был, он наверняка существует и изменяется в некоторых пределах.

Вот теперь небольшое размышление поможет понять, почему заключение, в котором отрицается необходимость в создании запаса, было не только неправильным, но и в корне неверным. Как бы много времени ни требовалось машине *А* для того, чтобы изготовить деталь, ее оператор в состоянии немедленно приступить к работе над следующей деталью (предполагается, что для машины *А* предусмотрен большой запас) С другой стороны, работа машины *Б* может начаться только в том случае, если получено уже изготовленное изделие. Всякий раз, когда обстоятельства склаыдваются таким образом, что машине *Б* нечего делать, она просто простаивает и «теряет» время. Следовательно, если с машиной *Б* иногда случаются простои из-за того, что машина *А* ничего не делает, запас между двумя машинами всегда будет характеризоваться тенденцией к росту. Известно, что на практике это приведет к беспорядку, тем не менее сам принцип является правильным. Если два технологических процесса характеризуются одинаковым средним временем выполнения работ и вероятностными распределениями одного и того же вида, то запас между машинами становится бесконечным.

В действительности вызывают удивление предположения, выдвигавшиеся многими в прошлом о том, что сбалансированная система, подобная описанной, могла бы быть идеальной. Мы только что указали на глубокую ошибочность такого предположения Следует отметить, что истина не стала достаточно ясной до тех пор, пока математики не разработали метод анализа случаев произвольного

«взаимодействия» двух вероятностных распределений. Это взаимодействие было названо *свертыванием.* В связи с этим объем запасов может рассматриваться как свертка входного и выходного распределений.

Тогда, каким же образом организатор достигает понимания ситуации? Ответ опять-таки простой. Задача организатора заключается в том, чтобы выяснить, с какой вероятностью он будет считать достаточным предусмотренный уровень запасов с учетом бесполезного простоя машины, остановки работы целого отдела, прекращения всей работы, отказа выдать потребителю что-либо из запаса. Если организатор сможет назвать такую вероятность, то ученый проведет количественную оценку связанных с ней других вероятностей и вычислит объем запасов, который нужно будет предусмотреть организатору, чтобы удовлетворить свои потребности.

Из данного обстоятельства вытекает весьма важное следствие. Значения вероятностей, управляющие поступлением продукции в запас, а также ее расходом, будут изменяться в зависимости от вида и количества продукции. Любой организатор может отвечать за тысячи различных изделий и связанные с этим вероятности будут изменяться. Свертка вероятностей также окажется изменяющейся. Тем не менее решение организатора, принятое им с учетом риска, на который он сознательно идет, не может меняться. Он может рассматривать это как предмет, не зависящий от стратегии. Поэтому от него требуется назвать только лишь одну необходимую цифру, и наука управления сможет привести в действие всю систему управления запасами с целью оценить отдельные отклонения в случае различных изделий. Весьма возможно, что для выполнения этой работы придется привлечь вычислительную машину. С ее помощью будет осуществляться сравнение подсчитываемого ею изо дня в день уровня запасов с теоретически вычисленным распределением свертки вероятностей, результатом чего явится выработка уточненных требований.

Все сказанное позволяет утверждать, что электронная вычислительная машина или любой другой вид вычислительной техники, применяемой при деятельности подобного рода, представляют собой, по сути дела, инструмент принятия решений.

Совершенно не ущемляя репутации организатора, можно сказать, что это «путь к свободе», поскольку если можно переложить на машину — благодаря привлечению науки — всю тяжесть решений подобного рода, то у организатора освобождается время, а это позволяет ему обратить внимание на более важные предметы, которые не так резко бросаются в глаза.

ПРОБЛЕМА ОЧЕРЕДЕЙ

Итак, механизм свертывания вероятностей является основой почти любого вида деятельности, связанной с управлением и осуществляемой во времени и пространстве. Рассмотрение в качестве иллюстрации случая создания запасов было, возможно, не совсем удачным. Полезнее познакомиться со следующим примером. Если вещи свалены между какими-то двумя точками и то, что мы видим, нас устраивает, мы называем такое нагромождение предметов запасом. Однако если наблюдаемая картина нам не нравится, то мы говорим об очереди. По существу очереди представляют собой запасы, от которых стремятся избавиться, а администрация заботит-

ся о том, чтобы поддерживать уровни запасов в разумных пределах, не делая их чрезмерно большими. В связи с этим весьма важными представляются задачи, связанные с поиском способов устранения очередей без особых потерь. Предполагаемые подходы в данном случае аналогичны, а привлекаемая наука не требует от нас каких-то радикально новых мыслей.

Если при пользовании каким-то видом обслуживания совершенно случайным образом возникает очередь, то временны́е интервалы между прибытием данного клиента и следующего лица являются статистически распределенными в соответствии с хорошо известной моделью. Получающаяся характеристика не является

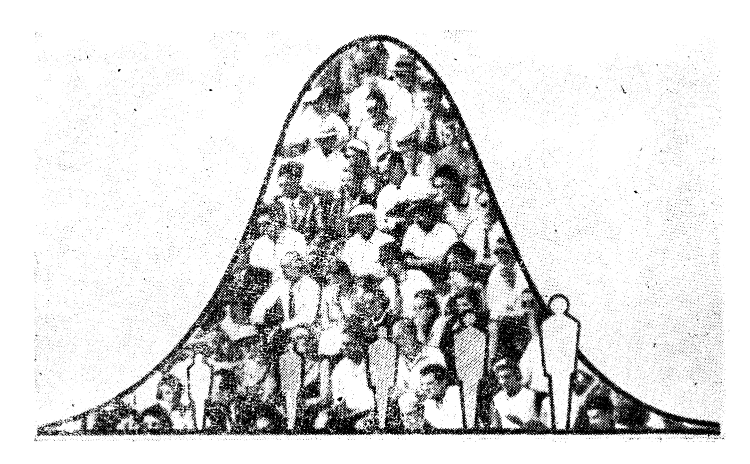


Рис. 11. Изменения требований покупателей также можно предсказать, следуя часто обычной нормальной зависимости. С помощью этой зависимости можно показать, что пошив одежды только ходовых размеров приведет к потере части покупателей.

гауссовой кривой, тем не менее с некоторой погрешностью мы можем считать ее нормальной зависимостью. Опять-таки у нас нет никаких соображений относительного того, как долго придется ждать, пока не подойдет следующий клиент, однако необходимо знать, что же будет представлять собой полная модель. Конечно, можно также попытаться построить распределение времени обслуживания, т. е. определить вид зависимости, характеризующей распределение интервалов времени между моментами окончания обслуживания данного и последующего клиента. Затем можно рассчитать свертку вероятностей и обсудить поведение очереди.

Такая ситуация возникает в тех случаях, когда люди образуют очередь, например около касс в магазине самообслуживания. Колеблющаяся длина очереди перед кассовым аппаратом может описываться сверткой двух вероятностных распределений, одно из которых характеризует прибытие покупателей, а другое — окончание их обслуживания. Тогда можно информировать администрацию

о том, какой ожидается максимальная длина очереди. Очевидно наличие подобных сведений даст возможность организации нормального обслуживания покупателей. В то же время он может принять решение исходя из допустимой степени риска, считая при этом, что покупатели могут ждать дольше определенного ранее предусмотренного времени. Наверняка ответ будет меняться в зависимости от дня недели и даже от времени дня. Проведение операционного исследования приведет к более научному и более эффективному использованию имеющейся в распоряжении рабочей силы.

Необходимо заметить, что по всей вероятности все магазины самообслуживания будут характеризоваться примерно одинаковыми моделями поведения. Поэтому если модель подобного характера однажды разработана, то она может быть использована в ста различных магазинах.

Иногда предусматривается обслуживание клиентов группами, а не в виде непрерывного потока. Например, подходит автобус, производится посадка пассажиров и автобус уезжает. Тогда очередь на посадку должна ожидать прибытия второго автобуса. Подобное поочередное обслуживание групп пассажиров не изменяет основную науку о ситуации, а просто вводится некоторое усложнение, которое не представит никакой трудности для специалиста-операционника. Тот же самый эффект получается при производстве групп изделий в промышленности, если учитывать запасы, используемые при осуществлении внутренних технологических процесов, а также во многих других ситуациях.

Теперь зададим такой вопрос: какой запас должен быть предусмотрен в магазине для продажи розничных товаров? Имеется очередь подлежащих реализации товаров, которые было бы более правильно назвать просто запасом. Существует очередь покупателей, ожидающих обслуживания. В данном случае организатор сталкивается с массой проблем, однако все они поддаются разрешению с привлечением теории, некоторые элементы которой мы только что обсуждали. Объем и интенсивность продажи определяют путь, используя который организуется обслуживание очереди покупателей.

Результаты этого процесса, рассмотренные совместно с распределением времени прибытия товаров, определяют момент, когда запасы должны быть возобновлены. Частота поступления требований на определенные менее ходовые размеры, цвета и моды характеризует потребность в создании запасов таких непопулярных (с точки зрения организатора) товаров. Все эти вещи могут быть рассмотрены с позиций теории вероятности. Кроме того, для научной организации торговли необходимо регистрировать и те требования покупателей, которые не могут быть удовлетворены. Однако всегда ли осуществляется сбор этой информации?

Проблемы подобного рода возникают повсеместно и в промышленности и в торговле. Довольно часто, как выясняется, администрация идет по пути принятия неправильных решений. Она пытается ориентироваться на необходимость создания запасов наиболее ходовых товаров, рассматривая продукцию, пользующуюся меньшим спросом, как предмет специального производства. К чему это может привести? При выборе ходовых товаров и, скажем, одного изделия, не пользующегося особым спросом, возникает сложная ситуация, а именно: задерживается поставка всей партии товаров из-за необходимости изготовления неходового изделия. Единственное изделие изготовляется под нажимом и служит препятствием

выполнению производственной программы. Такая организация запасов требует больших затрат времени и приводит к потере магазином хорошей репутации.

Подобный подход к решению проблемы часто исключает из рассмотрения путь, представляющийся более разумным. Речь идет об уменьшении запасов ходовых товаров с тем, чтобы поддерживать запасы всех видов продукции хотя бы на минимальном уровне. Однако берегитесь: подобные выводы, полученные на основании опыта, частных случаев, не могут рассматриваться как обобщения.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВЫЧИСЛЕННЫЙ РИСК

Все сказанное в предыдущих параграфах представляет собой основу, используя которую ученые производят оценку случайности и риска и соглашаются также с некоторой трактовкой «преступных

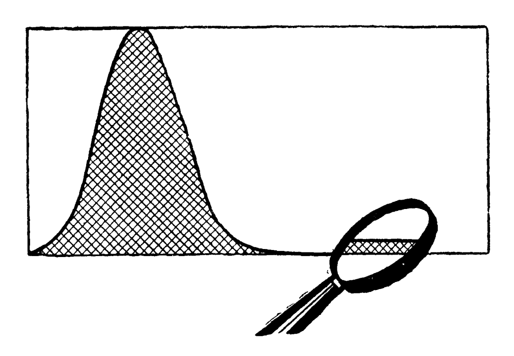


Рис. 12. Асимметричное вероятностное распределение, характеризующее время доставки. Хвост в левой части распределения короткий, поскольку поставки не могут производиться за отрицательное время; хвост в правой части распределения является вытянутым, соответствующая вероятность мала, но не равна нулю.

намерений». Вместе с тем, не приходит ли вам в голову, что если производство автомобилей на предприятии срывается из-за невыполнения плана заводом, выпускающим оси, что весьма вероятно может произойти умышленно или почти умышленно, то сам факт невыполнения плана может рассматриваться как событие, вероятность появления которого (если говорить о распределении потока событий) за весьма длительный интервал времени мала? Тогда, что стоят все эти разговоры о человеческом элементе? Стоит создавать запасы осей или же нет? Во всяком случае обоснованный ответ зависит от свертки двух предполагаемых вероятностных распределений, включающих очень длительный интервал времени в дальнем хвосте входного распределения. Будучи построена на основании распределений, полученных с учетом имеющихся фактов, вероятность сверт-

ки может быть рассчитана, и это позволит изложить примерно такую точку зрения: «Вы должны ожидать возможного прекращения выпуска продукции в течение интервалов времени длительности от x до v один раз в каждые z месяцев. Ежегодные потери, связанные с подобными остановками в работе производства, характеризуются такой-то и такой-то суммами для x и v соответственно. Создавая запасы такого-то и такого-то объема, вы смогли бы обеспечить продолжение выпуска продукции в половине этих случаев при стоимости такой-то. В случае создания запасов большего объема непрерывность производственного процесса будет гарантирована в девяти случаях из десяти — или в девяносто случаях из ста (или в любых других пропорциях). Что вы будете делать?» После этого на сцене появляется организатор. Он задает либо числовые значения некоторых параметров, создавая тем самым количественную основу, либо неопределенность в решениях, обоснованность которых как раз и доказывается с помощью операционного исследования. При подобном подходе приходится иметь дело с действительно вычисленным риском.

Заканчивая главу, хочется высказать следующее. Мы познакомились с понятиями изменчивости, частоты встречаемости событий и вероятности, которые пришлось ввести из-за разговоров о неточной цели. Однако мы стремились поразить цель. Администрация также обычно стремится к достижению некоторого результата. По гречески «цель» — stochos. Вот почему математики назвали рассматривавшиеся в данной главе системы свертывания вероятностных распределений *стохастическими процессами.* Нам представляется, этот термин «стохастический» настолько удобен, что он должен стать частью словаря каждого организатора. Вспомните, что это предполагает стремление к достижению цели. Стохастический процесс — это то, что имеет место при свертывании вероятностей, что как раз и характеризует процесс управления.

Глава третья

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ

Мы уже говорили о количественном определении случайности и при этом познакомились с порядком проведения элементарных вычислений, связанных с выбором решения в ситуациях, в условиях которых принятие того или иного решения сопряжено с определенным риском. Однако несмотря на то, что выполнение анализа подобного рода действительно позволит решать определенные типы проблем управления, частично даже таких, которые связаны с выбором стратегии, это не избавит нас на практике от необходимости решения своих собственных задач. Это объясняется тем, что проблема управления обычно представляет собой нечто большее, чем просто вопрос вычисления степени риска. Цель науки управления заключается в том, чтобы показать наилучшее направление деятельности при заданной совокупности обстоятельств, а это предполагает необходимость учета всех обстоятельств.

Несмотря на то что нам уже удалось познакомиться с тем, каким образом следует отвечать на определенные вопросы, привлекая определенные методы, это совсем не означает, что мы теперь способны разрешить любую проблему. Существует целый ряд трудностей. Например, использование теории очередей может привести к такому «решению», в соответствии с которым в магазине с самообслуживанием придется предусмотреть свыше двух выходов, оборудованных кассовыми аппаратами. Однако не исключено, что для других выходов просто не окажется места; возможна также нехватка штатов; может не оказаться денег, требуемых для установки необходимого оборудования. Этот перечень может быть продолжен. Наверняка каждый может придумать ситуации, возникающие при образовании очередей, когда люди предпочли бы подождать. Рассмотрим, например, приемную врача. Здесь всегда существует некоторая вероятность возникновения подобной ситуации, поскольку приходящие больные часто стремятся поделиться друг с другом.

Теория запасов может быть применена, как уже было видно, в тех случаях, когда необходимо получить ответы на самые разнообразные вопросы об использовании запасов.

Ученый — это нечто большее, чем техник, а специалист по вопросам управления — нечто большее, чем просто эксперт, привлекаемый для выполнения специализированных расчетов. Ученый придается организатору для обслуживания последнего. Поэтому рекомендацию ученого «Это — наилучшее, что можно было бы сделать, и если вы считаете, что так действовать нельзя, то вам придется сделать что-то иное» нельзя считать решением проблемы управления. Поэтому в расчет должны приниматься все окружающие обстоятельства. Часто организатор не раскрывает их; в таком случае несомненная обязанность ученого заключается в том, чтобы попытаться разобраться в этих обстоятельствах и в случае необходимости учесть их. Это означает, что ученый должен разработать такой способ, используя который можно было бы охватить все стороны проблемы, несмотря на их разнообразие. Далеко не всякая вещь может быть выражена через стоимость или вероятностным образом. Как же должен формулировать задачу ученый?

СИТУАЦИЯ И ЕЕ МОДЕЛИ

Рассмотрим поведение организатора, который сталкивается с некоторой ситуацией. Ему известно о ней достаточно много; он наблюдал за ней в течение нескольких лет и, выполняя предшествующие задания, приобрел достаточный опыт по аналогичным системам, порождающим аналогичные ситуации. В таких случаях мы говорим, что организатор обладает знаниями и опытом. Поэтому у него в голове возникает картина несколько иного рода — свое собственное понимание ситуации. Эта вторая картина гораздо более точно учитывает ситуацию, чем любое ее изображение на листе бумаги, однако она, тем не менее, не без недостатков. Мы не в состоянии получить достаточно многого с помощью только собственного мозга, так, чтобы можно было понять сущность и охватить с необходимой полнотой все детали взятой из реальной жизни ситуации любого характера и размера. Поэтому то понимание, которое существует в голове организатора, может рассматриваться как взятая оттуда своеобразная модель ситуации. Его представление ситуации моделирует ситуацию и соответствует ей.

Эта модель вовсе не макет в натуральную величину; в действительности она совсем невидима для глаза. Это — идея. По этой причине ее удобно называть умозрительной моделью. Если имеет место полное соответствие между реальностью и умозрительной моделью, то организатор в состоянии проникнуть глубоко в ситуацию и решение, которое он принимает, обязательно окажется рациональным. И наоборот, плохие и невыгодные решения возникают неизбежно в результате неправильного понимания принципов действия системы. Как уже было сказано в гл. 1, деятельность в процессе управления может рассматриваться как игра с неполной информацией.

Теперь целесообразно ввести понятие об *отображении.* Под отображением ученый понимает процесс, который имеет место при попытках поставить в соответствие одной картине другую, одному элементу — другой. Сам термин «отображение» выбран достаточно удачно, правда, строго говоря, он взят из математического жаргона. Если ничему ставится в соответствие что-то, то отображения нет. В то же время если отображение достаточно совершенно, то получаемую умозрительную модель считают *изоморфной* по отношению к окружающей действительности. (Слово изоморфный взято из греческого языка и означает «одинаковый по форме».)

Изоморфная модель может быть отображена в любом предмете, если между моделью и предметом наблюдается полное поэлементное соответствие. Мы уже предположили возможность игр с неполной информацией и несовершенного отображения. В действительности получается, что полные комплексы предметов и событий запечатлятся в модели, как одиночные сущности вместо сложного комплекса. Поэтому организатор может размышлять о части крупного предприятия (которое в действительности состоит из большого количества участков, причем руководство каждым из них в отдельности может осуществляться неправильно и может быть осложнено), как о заводе *А*. Для того чтобы прийти к такому упрощенному пониманию, организатор пользуется некоторыми количественными оценками, такими, например, как средний выход продукции. Он стремится не обращать внимания на отклонения от среднего выпуска продукции и на виды выпускаемых изделий. Конечно же, упрощения подобного рода, которые делает организатор, зависят от его роли в управлении.

Разновидность отображения, которая предполагает преобразования типа «многое — в одном», мы будем в дальнейшем называть не изоморфным, а гомоморфным отображением. Хорошая модель всегда является гомоморфной. Гомоморфное отображение сохраняет определенные структурные зависимости моделируемого предмета. Вот в чем, оказывается, дело! Например, если организатору известно, что город *М* (один) выпускает вообще-то большее количество продукции (много), чем *Б*, и вдруг в какой-то месяц он обнаруживает, что наблюдается обратная картина, то он должен будет провести расследование причин создавшегося положения.

Результаты расследования могут рассматриваться как оценка, сделанная организатором при работе с использованием умозрительной модели, полученной на основании знания аналогичных ситуаций, наблюдавшихся в прошлом, и приобретенного опыта. Представьте, что вы — ученый, которого пригласили провести исследование описанной ситуации. Ясно, что какова бы ни была позиция ученого, она должна быть совершенно отличной от позиции организато-

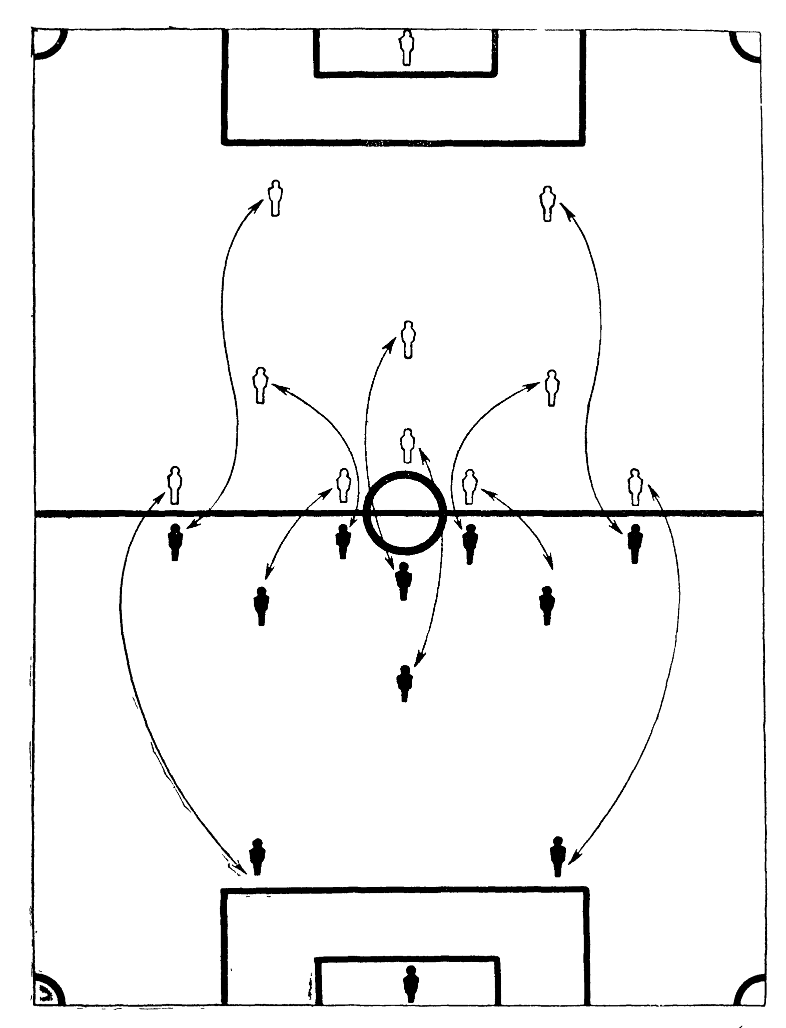


Рис. 13. Изоморфное отображение стратегии в футболе. Каждый игрок персонально опекает игрока другой команды

ра Применительно к определенной ситуации у организатора имеется набор моделей, накопившихся на основании опыта возникавших в прошлом подобных ситуаций, в то время как ученый располагает набором моделей, которые могут непосредственно отображать эту же ситуацию. Различие заключается в том, что модели ученого разработаны на основании его *научных* знаний и опыта. Что общего имеет научный опыт с опытом, приобретаемым в про-

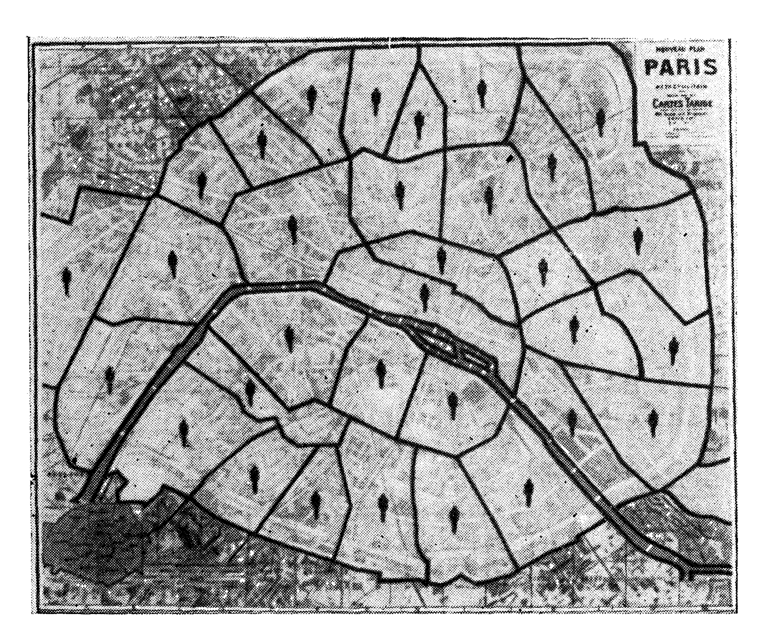


Рис. 14. Пример гомоморфного отображения. Депутат от каждого избирательного округа в парижской зоне представляет десять тысяч избирателей.

цессе управления? Ответ совсем простой: систему. Организатор обладает способностью проникновения в ситуацию благодаря своему опыту, приобретенному при работе с той самой системой, которая породила эту ситуацию. Способность проникновения у ученого обусловлена опытом, приобретенным в процессе работы с другими естественными системами, действующими аналогичным образом.

Сама природа, которая рассматривается учеными как область исследования, представляет собой систему; в то же время в ситуациях, рассматриваемых организаторами, есть очень многое, взятое у природы. Если существуют законы природы, то они носят универсальный характер. Правда, они должны быть правильно сформулированы. Какой-то предмет, опускаемый краном на сталелитейном заводе, попадает на землю в точном соответствии с теми же самыми законами, что и яблоко, которое, как говорят, упало на голову Ньютону. Причина этого заключается в том, что все физические системы подвержены воздействию гравитационных сил. Любая из этих систем может быть отображена в любой другой.

Таким образом умозрительная модель, согласованная со специалистом-операционником, представляет собой научную аналогию. Она соответствует пониманию ученым принципов функционирования некоторых естественных систем и восприятию всего того, что имеет отношение к ситуации при управлении. Заметим, между прочим, что различие умозрительных моделей организатора и ученого

опровергает высказывание о том, что операционное исследование выполняется учеными из-за того, что у организатора нет на это времени. В действительности же проведение операционного исследования предполагает совершенно другой вид деятельности.

НАУЧНАЯ МОДЕЛЬ

Научная аналогия, как и умозрительная модель, должна соответствовать ситуации. Для этого наука владеет несколькими формальными языками, которые исключают неопределенность и дву-

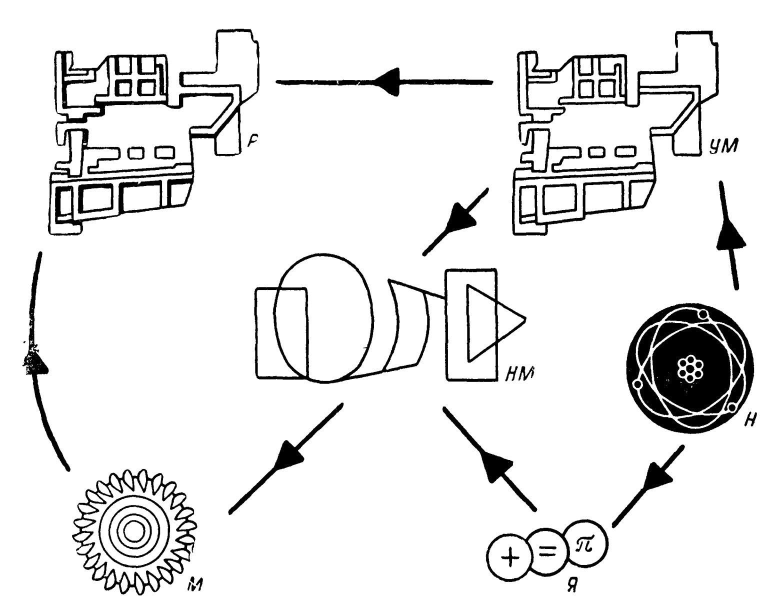


Рис. 15. Схема, объясняющая принципы науки управления. Наука *Н* способствует разработке умозрительной модели *УМ* и предоставляет языки *Я*, которые вместе с умозрительной моделью позволяют сформировать научную модель *НМ* реальной системы Научная модель предоставляет методы *М*, использование которых позволяет манипулировать с реальной ситуацией *Р*, а также с самой научной моделью.

смысленность. Кратко поясним высказанную мысль. Одним из разделов науки является математика, которая имеет дело в основном с количественными оценками; другое направление — математическая статистика, на вооружении которой находится вероятностный аппарат, и, наконец, формальная логика, которая имеет дело только с качественными характеристиками взаимосвязей между предметами.

Обратимся к полной схеме, используя которую можно пояснить принципы науки управления Сама наука, условно изображенная в виде фигуры, помеченной буквой *Н*, питает исследование опера-

ций умозрительными моделями *УМ* и формальными языками *Я*. Эти языки используются при создании строгой научной модели *НМ*. На основании этой модели, которая соответствует одновременно и реальной ситуации *P* и первоначальному умозрительному представлению системы, ученый создает свое формальное описание метода *М*.

КРАЙНОСТИ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОМПЛЕКСА РАБОТ

Теперь давайте попытаемся применить на практике только что рассмотренное представление о моделях, воспользовавшись для этого примерами, рассмотренными в конце гл. 2. Если помните, разго-

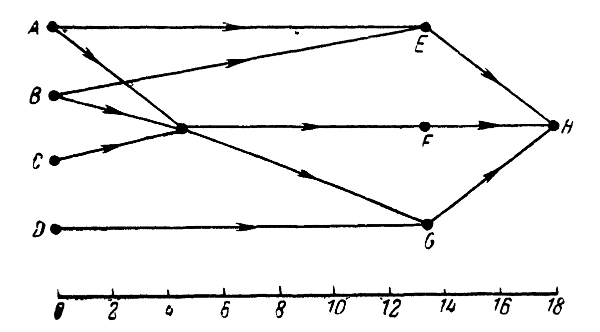


Рис. 16. Простейшая стрелочная диаграмма. Событие *E* исполнится только в том случае, если события *A* и *B* совершились; выполнению события *F* должны предшествовать события *A*, *B* и *C*; событие *G* может произойти только после событий *A*, *B*, *C* и *D*, и, наконец, событие *H* может последовать только за событиями *E*, *F* и *G*. Горизонтальная ось является осью времени.

вор шел о запасах и очередях, а вообще-то относительно свертываний вероятностей, называемых стохастическими процессами. При этом нами был изучен случай только лишь простого взаимодействия, когда имеется один вход и один выход. Однако многие реальные проблемы управления зачастую значительно сложнее. В частности, весьма вероятно, что в ситуации, находящейся под контролем организатора, должна предусматриваться целая сеть потоков материалов или транспортных потоков или потоков других видов. Схема процесса здесь значительно сложнее и совсем непохожа на простую фигуру, приведенную в конце гл. 2.

Здесь — другая картина, при которой некоторые потоки существуют во времени и пространстве. Время всегда откладывается по горизонтальной оси; пространство чаще всего представляется вертикальным размером. Потоки обязательно где-то сходятся, образуя узловую точку, и в какой бы части сети ни получался узел, мы оказываемся в действительности связанными со сверткой вероятностей. Вот что делает работу организатора такой трудной! Он в состоянии

самостоятельно составить схему подобного рода, но что ему нужно делать далее? Схема или стрелочная диаграмма выглядит таким образом, как будто все идет блестяще. Однако это объясняется только тем, что на них изображается именно та механическая и детерминистская вселенная, которой, как мы давно договорились, не существует.

Вместе с тем то, с чем приходится иметь дело в данном случае, представляет собой в высшей степени сложный стохастический процесс. Он может быть описан как взаимодействующая система очередей или же как взаимодействующая система положительных и отрицательных запасов. А составлена ли сеть применительно к людям, образующим очереди на автобусы, или же имеются в виду покупатели, устраивающие очереди за вещами, или же очередь возникает при решении вопроса об очередности капиталовложения — все это не играет совершенно никакой роли

Попытаемся разобраться в этом на конкретном примере. Предположим, что в сети схематически изображается поток материалов, изготовленных деталей, сборочных узлов, а также агрегатов, причем все они «сходятся» в единственном и последнем узле. Этот узел соответствует законченной работе. Это может быть дом или корабль, или шоссе — дело совсем не в этом. Организатор, для которого составляется подобная сеть, пытается управлять процессом строительства и контролировать его, а это приводит в результате к окончанию работы к определенному сроку.

Первое, на что хотелось бы обратить внимание читателя,— это то, что далеко не все линии, указанные на рисунке, одинаково важны. Если вы занимаетесь строительством дома, то совершенно очевидно, что электрическая проводка может быть проведена почти в любое время после того, как закончится постройка каркаса, и даже после выполнения большей части отделочных работ. С другой стороны, трудности возникнут в том случае, если кто-то предполагает покрыть крышу до того, как будут построены стены. Поэтому приходится сталкиваться с логическим приоритетом при создании конструкций, и логика ничего не может сделать со временем. Следовательно, если из логических условий вытекает необходимость выполнения операций A и B и только после того можно приступать к выполнению операции C, а для выполнения операции A требуется гораздо больше времени, чем оно идет на выполнение операции B, то для выхода продукции весьма важно, чтобы операция A заканчивалась за наикратчайшее возможное время. Вместе с тем при выполнении операции B — больше свободы и операция может производиться в более медленном темпе.

Обратимся теперь к временно́му фактору. Если взять какой-либо временно́й интервал от T_1 до T_2 и посмотреть, что же в это время происходит в сети, то окажется, что на этот период приходится целая группа работ. Некоторые из них удается выполнить за это время, которым мы располагаем, поэтому нецелесообразно акцентировать на них свое внимание. Выполнение других операций будет ограничиваться временем. Наконец, одна из этих операций может оказаться больше всех ограниченной во времени из-за возможности нарушения графика другими операциями. Именно эту операцию и должен исследовать организатор. Если она может быть выполнена в отведенное время, то до момента времени T_2 все идет хорошо и он может подумать о выполнении работ в следующем интервале времени от T_2 до T_3 Этот интервал также будет содержать

некоторые критичные операции. Если теперь возвратиться назад и обозреть всю систему, то становится очевидным, что из всего лабиринта вырисовывается только один путь, все компоненты (составляющие операции) которого являются критичными в этом смысле. Специалисты по исследованию операций называют его критическим путем.

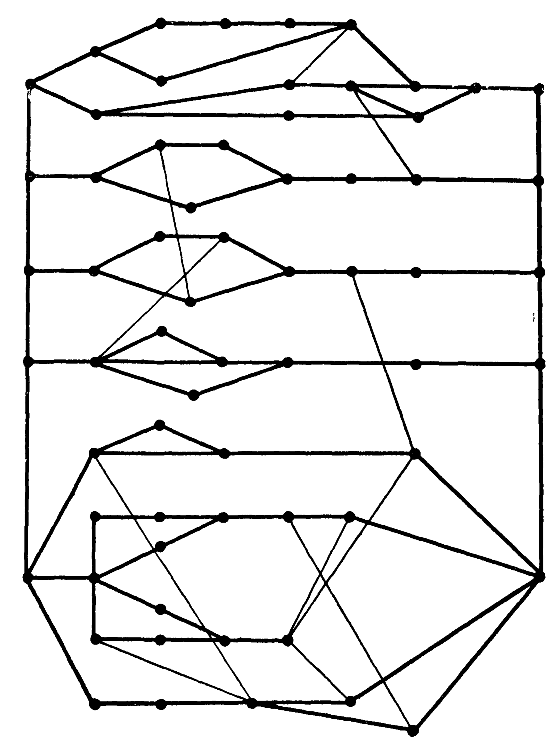


Рис. 17. Схема, характеризующая выполнение важного проекта и отображающая важнейшие аспекты проекта. Каждый важный шаг может быть подразделен на второстепенные шаги аналогичной сложности. Время отсчитывается слева направо

Теперь любой организатор хочет быть уверенным в том, что события, которые должны происходить на этом критическом пути, произойдут вовремя. Трудность заключается и в определении критического пути Здесь организатору может помочь специалист по исследованию операций, поскольку известны способы вычисления ответа на вопросы подобного рода. Речь идет о методах сетевого анализа. Каждый из узлов, располагающихся на критическом пути, можно рассматривать как свертку вероятностей Вычисление свертки позволит определить не только ожидаемые значения интервалов

времени, за которые должны произойти эти события, и, следовательно, дату завершения всей работы, но также и вероятности естественных отклонений от этих ожидающихся значений.

Для подобного вычисления может быть привлечено несколько способов. Наиболее известным является несомненно ПЕРТ — метод оценки программ и сообщений, однако следует иметь в виду, что при написании данной книги автор придерживался стратегии не вникать в массу технических подробностей. Наиболее важным для понимания является то, что мы можем получить наверняка в процессе проведения измерений наилучшую и наихудшую оценки времени критического пути. Теперь у организатора в руках орудие управления, благодаря которому он сможет сконцентрировать свое внимание на задачах, выполнение которых наиболее существенно в тот или иной момент времени. Он сможет также оценивать влияние последствий возможных задержек на всю работу.

ЗАДЕРЖКА И УВЕЛИЧЕННАЯ ЗАДЕРЖКА

Коль скоро мы имеем целую совокупность операций на критическом пути, существует возможность катастрофы. Она может, например, произойти, если время, потраченное на выполнение одной из операций, превысит ожидаемое время. Пусть шанс на это — только один из тысячи, но если такой шанс есть, то он приводит к нарушению плана. Казалось бы, что возможность риска исключается при составлении сети. Но нет! Риск исключается только с запланированной вероятностью, и, по-видимому, в нашем случае эта вероятность больше одного шанса из тысячи. Если же катастрофа произошла, то, наверное, нецелесообразно следовать по первоначальному критическому пути. Теперь следует разработать новый критический путь от точки, которой мы уже достигли. Но для этого необходимо провести повторное вычисление. Для вычисления и пересчета критических путей в реальных сложных сетях часто применяют электронные вычислительные машины.

Но вернемся к нашему случаю. Пусть при первом же просчете было установлено недельное опоздание. Это означает, что мы не в состоянии дать гарантию уложиться в заданное время, но все же можем попытаться сделать это, поскольку позднее благодаря нашим усилиям может открыться возможность уложиться в срок. Однако повторно вычисленный критический путь может показать, что выполнение работы задержится, скажем, на шесть месяцев

Как же это могло произойти? Возвратимся к простому примеру строительства дома. К изготовлению деревянной части строения привлекается подрядная организация плотников, с которой заключен договор, причем предполагалось, что работы будут производиться в четверг. Однако где-то была допущена ошибка с проверкой критического пути выполнения земляных работ при закладке фундамента и в начале кладки кирпича. Поэтому мы вынуждены сказать плотникам, что запаздываем и что они должны приходить не в этот четверг, а в следующий. Всем нам известно, что в таких случаях обычно говорят плотники. В следующий четверг они де уже договорились работать в других домах и не могут освободиться раньше марта. Таким образом, сеть может стать «увеличителем задержки». Если мы только что пропустили автобус, нам придется ожидать

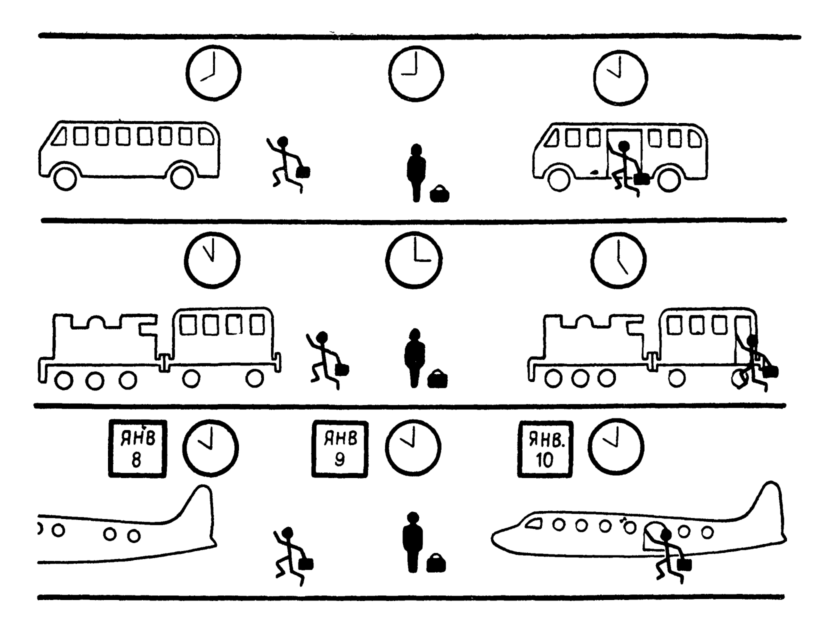


Рис. 18. Три этапа увеличения задержки. Путешественник только что пропустил автобус и ему придется поджидать следующий автобус два часа. Это приведет к тому, что он опоздает на поезд и задержится на шесть часов. В результате он опоздает на свой самолет и задержится на два дня

следующего в течение 20 *мин.* Проанализировав же критический путь, можно рассчитать величину задержки, до которой она возрастет в конце линии.

МОДЕЛИ КАК СРЕДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Обратимся на некоторое время вновь к обсуждению моделей. Теоретическая оценка ситуации, связанной с образованием очередей, может представлять собой удобную модель, и если в проблеме, с которой сталкивается организатор, других факторов кроме очереди не существует, то в качестве модели можно рассматривать сеть, характеризующуюся наличием критического пути. Однако именно другие факторы, отличные от тех, которые были оценены при вероятностном вычислении решений, могут придти в противоречие с той ситуацией, какой она представляется при исследовании. В этом случае в проблему критического пути могут быть введены многие факторы. Если дело обстоит именно так, то ясно, что теория не предлагает точно соответствующей научной модели. Все, что она предлагает, это метод решения *части* проблемы. Всегда следует помнить, что мы говорим о системе, которая лежит в основе управляемой ситуации. Любые варианты, в которых упущена основная часть предполагающихся факторов, не могут рассматриваться в качестве науч-

ной модели. Однако все, что окажет помощь в разрешении каждой части проблемы, может только приветствоваться как способ достижения цели. По указанным причинам требуется, чтобы модели подвергались оценке с учетом реальных свойств системы.

Мы говорим о проникновении научного метода в сферу управления. Ранее говорилось не только о необходимости проведения количественного анализа предполагавшихся очевидных физических количественных величин, но также и о случайности и о риске. В последующем шла речь о важности раскрытия сущности процесса функционирования системы и была предложена идея об определении количественных соотношений в основе системы путем конструирования моделей, которые отражали бы глубокие взаимодействия всех имеющих к этому отношение факторов. Существует другой признак науки, на который до сих пор не обращалось внимания. Речь идет об идее эксперимента.

Причина, почему ученые так настойчиво стремятся экспериментировать, не является такой уж простой, какой она представляется на первый взгляд. Совершенно очевидно, что у ученого возникает желание исследовать ситуацию, которую он изучает, а эксперимент является методом исследования. Однако более глубокая причина того, почему ученый экспериментирует, заключается в том, что он пытается обосновать свою модель. Ему хочется знать, соответствует ли модель ситуации, возникающей в процессе развития событий, и постоянно ли это соответствие. Рассмотрим такой пример. Только что сдохнувшая мышь является весьма прекрасной моделью живой мыши во многих отношениях. С точки зрения анатомии она представляет собой изоморфное отображение. Тем не менее за очень короткий промежуток времени эта модель изменит естественные свойства; по истечении недели она окажется совершенно неузнаваемой, если говорить о ней как о модели. Мы просим извинения у читателя за не совсем приятный характер приведенного примера, но тем не менее случай подобного рода наилучшим образом иллюстрирует высказанную точку зрения. Ситуация, которую контролирует организатор , по существу регулируема. Это — продолжение жизнедеятельности. Ученый вынужден рисковать, когда он пытается в течение некоторого времени отображать ситуацию с помощью модели, которая сейчас выглядит правильной, но тем не менее не способна отобразить развитие ситуации через некоторое время. Эксперимент представляет собой способ внести определенные случайности в модель для того, чтобы посмотреть, каким образом реагирует модель на такие изменения. В большинстве сфер научной деятельности постановка эксперимента не вызывает особой трудности. Однако специалист по вопросам управления, имеющий дело с конкретной ситуацией, часто оказывается в большом затруднении.

Причина этого заключается в том, что наш специалист имеет дело с той же самой ситуацией, которая является предметом внимания со стороны организатора. Он пытается сообщить организатору сущность стратегии. Но эксперименты с реальной системой не всегда возможны. Поэтому специалист часто оказывается в таком положении, что ему хочется сказать организатору приблизительно следующее: «Давайте снесем это предприятие, построим базу на Северном полюсе и посмотрим, что получится». С точки зрения науки проведение такого эксперимента могло бы принести весьма существенную пользу. Однако ученый, предлагающий организатору реализовать подобный вариант, посчитал бы себя сумасшедшим.

Короче говоря, любая серия экспериментов с управляемой ситуацией, проведение которых, очень может быть, и позволило бы обеспечить получение ценной информации, может оказаться гибельной для предприятия.

Именно это и является основной причиной, почему методика конструирования моделей представляет собой предмет особой заботы в науке управления. Ученый экспериментирует на модели вместо того, чтобы проводить натурный эксперимент. Если модель предприятия оказывается несостоятельной, то всем это безразлично, за исключением ученого. Он испытывает удовольствие, поскольку ему становится известным ограничение по эффективности исследованной им стратегии.

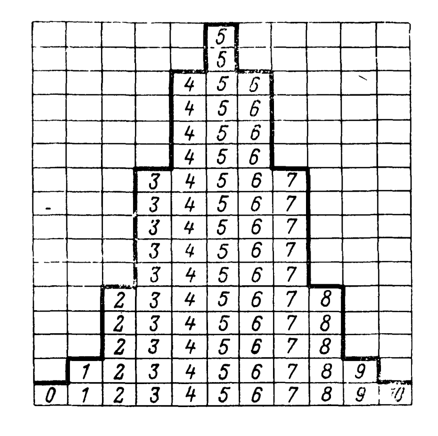


Рис. 19. Если схему нарисовать на картоне, квадраты вырезать и перемешать в шляпе, то случайный выбор соответствующего жребия с указанным на нем числом покажет случайное изменение данных при моделировании. Для того чтобы сохранить форму распределения, каждый вытянутый номер необходимо возвратить назад в шляпу до того, как будет тянуться другой жребий.

Процесс экспериментирования на моделях, до некоторой степени отражающих условия реальности, называется *моделированием*. Рассмотрим процесс моделирования, связанный с обычным стохастическим взаимодействием (подобные примеры уже рассматривались в гл. 2). Пусть у нас имеется распределение времени прибытия покупателей и распределение времени обслуживания и нам хочется знать характер образующихся очередей. При такой простой ситуации все может быть выполнено математическими средствами. Однако если имеется гигантская сеть из стохастических процессов с громадным количеством взаимодействующих элементов и взаимосвязей, то решение возникающей задачи оказывается вне компетенции математика. Тогда в складывающейся ситуации оказывается целесообразным применение именно моделирования, причем заложенный здесь принцип может быть продемонстрирован на следующем более простом примере.

Вернемся к распределению времени прибытия покупателей. Нам известна картина отклонений за длительный период времени, однако нет ни малейшего намека, говорящего что-либо о возможном ближайшем событии. Единственное, что нам известно, это вероятность появления покупателей, которая определяется по кривой распределения. Давайте теперь разделим это полное суммарное распределение (точнее, площадь под соответствующей кривой) на сто равных квадратов. Это будет означать превращение гладкой кривой в гистограмму — ступенчатую функцию. В каждом квадрате

мы запишем величину интервала времени, взятого с учетом той колонки, в которой встречается квадрат. Следовательно, вид распределения, которому соответствует колонка с максимальной высотой, равняется числу квадратов, отсчитанному от линии времени. В крайне правой или крайне левой части гистограммы будет только лишь по одному квадрату, поскольку частота встречаемости таких оценок слишком мала. Проделав все это, возьмем ножницы и разрежем распределение на мелкие фишки в виде квадратов, которые положим затем в шляпу и хорошенько перемешаем. В точности такую же процедуру проделаем с распределением времени обслуживания, «компоненты» которого положим во вторую шляпу. Теперь можно приступать к моделированию.

Возьмем лист бумаги с нанесенным в нижней части масштабом времени и начнем запись процесса обслуживания. Кто-то должен прибыть, и прибытие данного покупателя отмечается на графике. Поскольку он всегда прибывает один, то его обслуживание можно начинать сразу же. Для этого нам необходимо узнать длительность обслуживания. Сунув руку в шляпу, где хранятся фишки с данными о времени обслуживания, вытащим какую-то одну из них. Нанесенное на ней число — это и есть время обслуживания данного покупателя. Отметим это время на графике, после чего фишку возвращаем в шляпу. Однако через некоторое время с момента прихода первого человека появляется второй. Когда же? Это выявляется после вытаскивания фишки с нанесенным на ней числом из соответствующей шляпы, после чего приход второго покупателя фиксируется на графике. Конечно, второй человек может появиться до того, как будет полностью закончено обслуживание первого покупателя (именно это нам и неизвестно). Если дело обстоит именно так, то второй покупатель встает в очередь. С другой стороны, обслуживание может закончиться до появления второго человека, и в этом случае продавец считается неполностью занятым за рассматриваемый промежуток времени.

Применение подобной процедуры позволяет произвести довольно успешную имитацию всего того, что происходит в действительности. Следует заметить, что люди появляются в случайные моменты времени, как это в действительности и происходит, поскольку у экспериментатора нет возможности узнать заранее, какая фишка будет вытащена из шляпы следующей. Однако поскольку каждое число, будучи выбрано, все-таки «возвращается» в шляпу, то выполнение достаточно длительного эксперимента, проводимого, скажем, ради доказательства и предполагающего многократное (десять тысяч раз) использование жребия, позволит получить четкую картину распределения времени, используемого в типичной ситуации реальной жизни. Совершенно ясно, что при соответствующей настойчивости этим методом моделирования может воспользоваться любое заинтересованное лицо, даже если речь пойдет о наиболее сложных системах. Между прочим, когда в конце Второй мировой войны методы операционного исследования начали внедряться в промышленность, именно это обстоятельство нам также было известно. Однако реализация такого метода была слишком утомительной процедурой.

Сегодня в распоряжении ученого имеется электронная вычислительная машина, которая служит ему в качестве инструмента. Все, что от него теперь требуется, — это заложить соответствующие вероятностные распределения в запоминающем устройстве вычи-

слительной машины и предусмотреть генерирование случайных чисел, которые укажут машине, какие части распределения должны быть использованы. При проведении настоящего эксперимента приходится сталкиваться с особенностью следующего рода: никто не может сказать, как будет выглядеть фиктивная запись. Однако опять-таки можно гарантировать, что полная картина отклонений будет соответствовать реальности. Более того, нет необходимости исследовать фиктивную запись: от машины нам необходимо получить только лишь напечатанные выходные данные, по которым можно было бы судить о колебаниях очереди во времени. В случае имитации работы сложного производства следует предусмотреть машинную печать временных характеристик незанятости штатного состава, часто наблюдающейся на предприятии. Если результат выглядит неприемлимым, то штатное расписание (запасы) может быть пересмотрено и повторение эксперимента позволит определить, полностью ли занят персонал. В действительности можно нарисовать такой график, который показывал бы, каким образом потери, обусловленные недостаточной занятостью, связаны с объемом капиталовложений в создание запасов. И это как раз тот график, который необходим организатору в качестве количественной основы для принятия решений.

Очевидно, необходимость проведения громадного объема вычислений возникает в том случае, когда экспериментатор захочет испробовать буквально все виды возможных уровней запасов, все виды организации обслуживания, разновидности планов капиталовложений. Поэтому экспериментатор предлагает организатору массу идей, которые необходимо проверить.

ВЫГОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Как уже было ранее сказано, моделирование позволяет ученому экспериментировать с ситуацией без каких-либо опасений. В этом случае ему не приходится тратить годы на то, чтобы удостовериться в правильности или неправильности своих действий, причем это удается со всеми видами моделей, а не только в случае стохастических сетей. Существует по меньшей мере два необычайно важных применения моделирования, отличных от традиционного использования для количественного определения правильного решения, формулирования предпочтительной стратегии или создания жизнедеятельного управления. Первым из таких важных применений является необходимость планировать реализацию любой из перечисленных вещей с большой степенью подробности.

Закончив моделирование этапов процесса и пытаясь получить все возможные варианты при различных условиях, ученый может снабдить организатора довольно несложным планом, который мог бы быть вполне реализуем. Более того, можно пригласить организаторов, связанных с этой разработкой, участвовать в моделировании с целью проэкспериментировать непосредственно с ними. Для того чтобы сделать это, функции принятия решения должны быть отобраны у машины и переданы организаторам.

Это представляет собой процесс, который можно назвать игрой моделирования. Организаторы приглашаются в комнату, где перед ними имеется экран, на котором высвечивается изображение, соответствующее состоянию дел. Вычислительная машина работает (очень быстро, конечно) до тех пор, пока это необходимо для ре-

шения задачи управления. Затем электронные часы, которые имеются в системе отображения данных и работают со скоростью, во много раз превышающей скорость работы обычных часов, останавливаются и на экране высвечивается новая картина, характеризующая состояние дел на данный момент. Возникает пауза, во время которой организаторы пытаются переработать поступившую информацию, а затем специально выделенный организатор после консультации принимает решение, о котором сразу же информируется вычис-

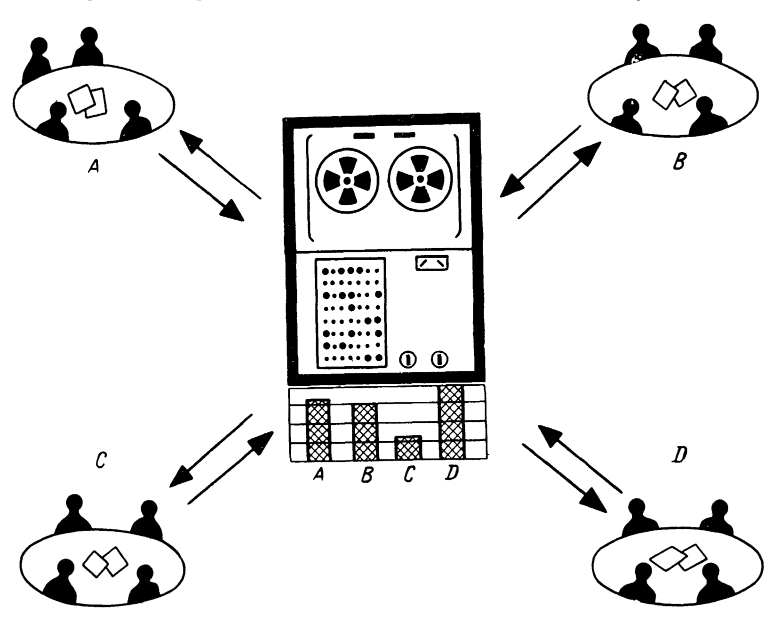


Рис. 20. Моделирование конкурентной ситуации. Четыре группы «организаторов» работают в конкурирующих компаниях, пытаясь разобраться в стратегиях рынка и производства, и пр Электронная вычислительная машина, «снабженная» моделью всей промышленности и рынка, передает, используя обратную связь, информацию «организаторам», а также производит вычисления.

лительная машина. После этого вычислительная машина может продолжить решение задачи моделирования и будет решать ее до тех пор, пока не возникнет необходимость в принятии следующего решения, и так далее. Подобное «экспериментирование» можно проводить хоть каждый день, причем каждый раз может рассматриваться ход процесса управления за несколько недель (с любой скоростью — с учетом специфики этих решений).

Игру с моделированием используют с целью дать группе организаторов производства знание того, как можно было бы работать на предприятии совершенно нового типа в случае использования новейшей техники. Это не только оказывает им существенную помощь,

но и проверяет их способность выдвигать предложения по улучшению деятельности предприятия еще до того, как оно было построено. Вполне естественно, процесс является гораздо более медленным, чем моделирование на вычислительной машине в реальном масштабе времени, и он прежде всего не может быть использован для выработки основной стратегии. Однако в качестве средства исследования новой стратегии, однажды уже принятой, а также как способ обучения людей, использование которых предполагается как раз в области проектирования новых разработок, этот инструмент трудно переоценить.

Вторым чрезвычайно важным применением моделирования является следующий. Оказывается, недостаточно совершенствовать стратегию, которая выглядит вполне приемлемой при обстоятельствах, всем известным или поддающимся предсказанию. Организатор думает и о том, что применяемая им стратегия может оказаться уязвимой в случае возникновения на практике неожиданных обстоятельств. Ибо организатор заинтересован в использовании такой стратегии, которая является не только предпочтительной, но и просто разумной. Действительно, далеко не всегда целесообразно применять наиболее предпочтительную стратегию, если это на практике выглядит небезопасным. Все это может быть исследовано с помощью моделирования путем изменения различных параметров и особенно путем варьирования ими за пределами диапазона отклонений, ожидаемых на основании накопленного опыта. Нарушения, которые при этом могут возникнуть в системе, помогут организатору выбрать направление дальнейшего исследования, спланировать выполнение разработок, отыскать новых сотрудников

Вот теперь мы начинаем понимать реальную ценность моделей. Особенно важно обратить внимание на то, что модель — это не есть что-то, изобретенное ученым с целью помочь самому себе в решении проблемы управления и затем просто отброшенное за ненужностью, подобно листам бумаги, на которых он производил вычисления. К модели можно обратиться в любой момент, когда возникает новый вопрос и новые данные могут быть предусмотрены в соответствующих программах для вычислительной машины. Однако самая главная ценность модели заключается в ее способности самообучаться. Это означает, что все то, что случается с предприятием, происходит также и в модели, которая организуется таким образом, чтобы приспособиться к ситуации с учетом собственного опыта.

Подведем итог сказанному. Операционная модель является представлением динамической системы, положенной в основу исследуемой ситуации. В науке управления с ее междисциплинной группой специалистов по исследованию операций часто приходится использовать многомерные модели, поскольку научные описания реальных систем учитывают одновременно большое количество параметров.

Другое замечание общего характера относительно моделей заключается в том, что поскольку они являются достаточно строгими, чтобы быть выраженными на математическом языке, они не обязательно должны быть математическими моделями. Основной особенностью научной модели является ее системный, а не математический характер. Ведь математика — это только одно из средств выражения, один из научных языков. И если мы читаем роман на французском или на английском языке, то основное его содержание от этого, конечно же, не меняется. Равным образом сущность научной модели заключается в том, чтобы обеспечить проведение оценки сис-

темы управления, а не в том, чтобы изобразить ее с помощью математических символов.

И, наконец, последнее замечание. В предыдущей главе говорилось, что вычисление решения позволяет нам производить расчеты по выбору стратегий управления каждый раз, когда организатор указывает приемлемую для него степень риска. В настоящее время мы в состоянии разрешить и эту проблему тоже, поскольку приемлемая степень риска представляет собой такое положение системы, при котором она не может перейти в режим неуправляемых колебаний. Это положение системы может быть определено путем исследования стабильности работы модели.

Глава четвертая

АЗБУКА МОДЕЛЕЙ

Природа представляет собой единое целое, однако пути, которых придерживаются люди в процессе исследования природы, следует рассматривать раздельно. Тогда научная модель, необходимая для проведения операционного исследования, должна разрабатываться с учетом специфики той или иной науки. Чем лучше это понимают (если это понимание может быть достигнуто в пределах различий языка и условностей выражения, используемых в различных науках), тем меньше вероятность неправильного понимания системы. Единство природы отражается сегодня в науке в виде основ знаний, называемых общей теорией систем. Возможно, в конце концов эта новая дисциплина обеспечит науку управления «сырьем» для конструирования моделей.

Поскольку никто не может сказать заранее, какая наука предложит наилучшую (т. е. наиболее полезную, наиболее легко реализуемую) модель ситуации, то желательно, чтобы в группе ученых, разрабатывающих модель, были представители различных наук.

В результате наука управления содержит очень богатую коллекцию моделей. Во многих операционных исследованиях влияния других наук слишком часто загораживаются сложным математическим аппаратом. Поэтому рассмотрим модели, созданные различными науками, своего рода азбуку моделей.

А. АКУСТИКА (ACOUSTICS)

В хорошо сбалансированной и удовлетворительно функционирующей системе могут иметь место странные и непредсказуемые вмешательства в виде толчков. Эти воздействия определенным образом влияют на систему. Например, внезапно может возникнуть необходимость ввести непланировавшийся компонент в четко распланированную производственную программу. Или же на склады может прибыть неожиданная партия товаров. Все виды наук, начиная от инженерного дела и кончая психиатрией, могут дать некоторую оценку того, что происходит в системе, приведенной подобным путем в возмущенное состояние. Изучение «азбуки моделей» начнем с буквы А (Акустика).

Рассмотрим такой пример. Сложные структуры производственных процессов, предположительно взаимодействующие друг с другом, обеспечивают непрерывное снабжение предприятия сырьем. Предприятие производит отличные изделия при очень незначительном уровне дефектов. Однако каждый раз, и достаточно часто (очевидно, случайно), наблюдаются значительные колебания в интенсивности появления дефектов. Технические специалисты не в состоянии проследить за этим, используя свои средства. Известны различные возможные причины, однако, как предполагается, возникновение обусловливаемых ими дефектов удалось предупредить путем проведения соответствующих отладочных работ на машинах.

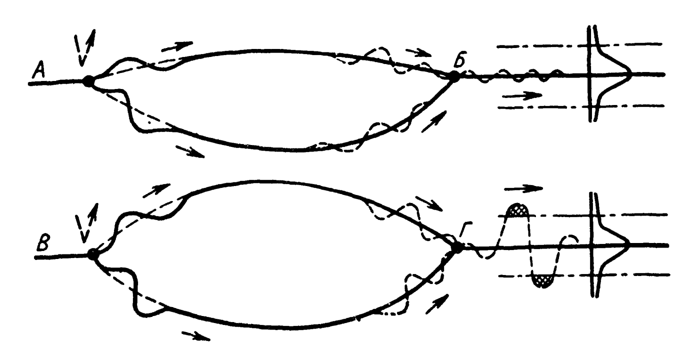


Рис. 21. Распространение возмущения. На верхнем изображении возмущение, возникающее в точке *А*, распространяется путями различной длины и поступает в точку *Б* со сдвигом фазы, так что две составляющие почти исключают друг друга. На нижнем изображении возмущение из точки *В* распространяется путями одинаковой длины и обе составляющие достигают точки *Г* одновременно. В результате возникает возмущение, выходящее по амплитуде за допустимые пределы.

Когда время от времени в этой системе ровный поток продукции прерывался из-за необходимости снабжения вдруг материалами с другого предприятия, это и было воздействием. Процесс, связанный с поступлением этого сырья, характеризовался большим количеством резервных вариантов, так что предполагалось, что практически все в порядке. Однако внимание специалиста по вопросам управления привлекал тот факт, что снабжение другими материалами может принять характер возмущения, приводящего к крайне нежелательным последствиям.

В акустике материал, окружающий источник звука, поглощает и отражает звук в большей или меньшей степени. Для подобного явления может быть найдена соответствующая аналогия. Процессы, окружающие данный производственный процесс, поглотили возмущающее воздействие (прибытие постороннего материала) более или менее хорошо в зависимости от величины неиспользованных производственных возможностей в каждом месте. В акустике для любого материала существует поддающийся оценке коэффициент поглощения,

поэтому по аналогии можно предложить коэффициент поглощения и для всех производственных процессов, окружающих какой-то один процесс, на который воздействует возмущение. Нам также известна скорость, с которой распространяется возмущающее воздействие. Это зависит от интенсивности, с которой новый материал подвергается различным процессам Тем самым основы умозрительной модели очевидны. В действительности ее можно сделать достаточно строгой.

Поведение производственной системы, описанной с точки зрения акустической модели, позволяет получить большое количество необходимых факторов. В настоящее время хорошо известно, что звуки, произведенные в определенном акустическом смысле, будут генерировать частóты «биений». Звуковые волны реверберируют и, как это и было, начинают частично перекрываться. Благодаря проводимому на модели исследованию такие явления были предсказаны в производственной системе и задача заключалась в том, чтобы проследить за ними. Реверберации, обусловленные воздействием возмущения, возникали в системе в различных направлениях, и хотя при расчетах на бумаге всегда существовали избыточные возможности снабжения материалами, поступающие из любого другого процесса, перекрытия (или биения) имели место. Эффект сводился к тому, что поток материалов вливался в определенный процесс в случае выполнения определенных условий «резонанса».

Мы уже говорили о единообразии природы, поэтому весьма вероятно, что рассмотренную нами ситуацию можно изучить с помощью некоторых других научных моделей.

В. БИОЛОГИЯ (BIOLOGY)

Рассмотрим результат решения задачи об оптимальном размере предприятия. Экономика проливает достаточно света на этот вопрос, но очевидно, что единого правила нет. Каждое предприятие характеризуется собственными специфическими характеристиками, и среда, окружающая предприятие, также имеет специфические особенности. В таком случае можно говорить о взаимодействии организма и окружающей среды, что определяет оптимальный размер самого организма. Вот мы и пришли к описанию данной проблемы, как если бы мы уже согласились с соответствующей умозрительной моделью. После всего этого способы, применяемые ученым, не представляются уж очень странными.

Почему бы не говорить о предприятии, как о жизнедеятельном организме? Если это действительно так, то первое, что должна сказать биология, — это то, что должно быть очень сильное взаимодействие между живой клеткой и веществом вне ее. Даже в случае умозрительного моделирования это ценная мысль. Мы стремимся думать о предприятии, как об организации, имеющей прежде всего тонкие связи с внешним миром. Существует поток требований рынка и товаров, текущих во внешний мир. Потоку товаров сопутствует информация такого вида, как инструкции, реклама и т. д. Существует информация, поступающая обратно — в форме повторных требований покупателей, жалоб и т. д. Однако эта изображенная в традиционном стиле оценка взаимодействия далеко не полная. Каждый служащий представляет свое предприятие в виде некоторой среды или как-то по-иному. Существует целая группа социальных взаимодействий, существуют более сложные

взаимодействия между предприятием и потребителями в их использовании продукции, чем можно было бы предполагать поначалу.

Насколько важно все это? Ответ: очень важно. Существует механизм, называемый осмосом, который связывает внутреннюю и внешнюю стороны живой клетки. Информация, которая может быть представлена в химически закодированной форме, «проходит» через оболочку клетки в обоих направлениях в очень большом количестве. Существует устройство обратной связи, которое вызывает

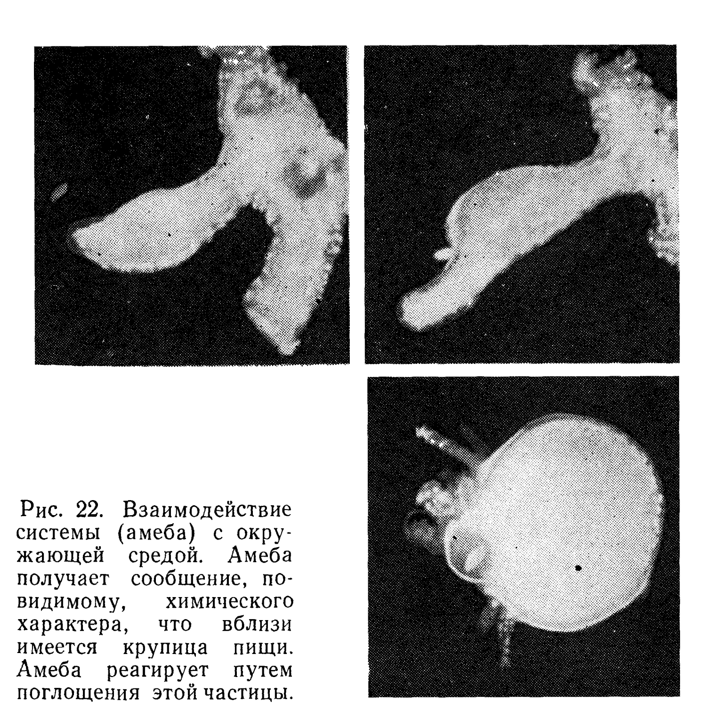


Рис. 22. Взаимодействие системы (амеба) с окружающей средой. Амеба получает сообщение, по-видимому, химического характера, что вблизи имеется крупица пищи. Амеба реагирует путем поглощения этой частицы.

рост клетки до оптимального размера и не позволяет превысить его. В строгой модели нам придется воспользоваться взятыми из биологии уравнениями диффузии, которые описывают весь процесс. Если это сделать, то представится возможность оценить с точки зрения промышленности структуру биологической обратной связи, которая связана с факторами, определяющими размер предприятия.

Задумайтесь на мгновение о целесообразности использования этой модели применительно к проблемам национальных производственных мощностей и их размерах. Насколько велика должна быть производственная мощность такой ведущей отрасли промышленности, как сталелитейная, например? Мы уже пытались количественно оценить это с помощью модели осмоса, ибо работа сталелитейной промышленности во многих отношениях и формах связана с

проникновением ее продукции через «оболочку клетки» индустрии на многие рынки и для многих применений. Вместе с продукцией переносится информация промышленного характера. Эта информация содержит данные о качестве, цене и так далее; в ней могут заключаться сведения о перспективах поставок и возможностях их удовлетворения. По цепи обратной связи поступает информация от рынков. Второстепенные отрасли промышленности, вырабатывающие стальной прокат, стальные поковки и занимающиеся волочением стальной проволоки, выступают в роли поставщиков сырья и

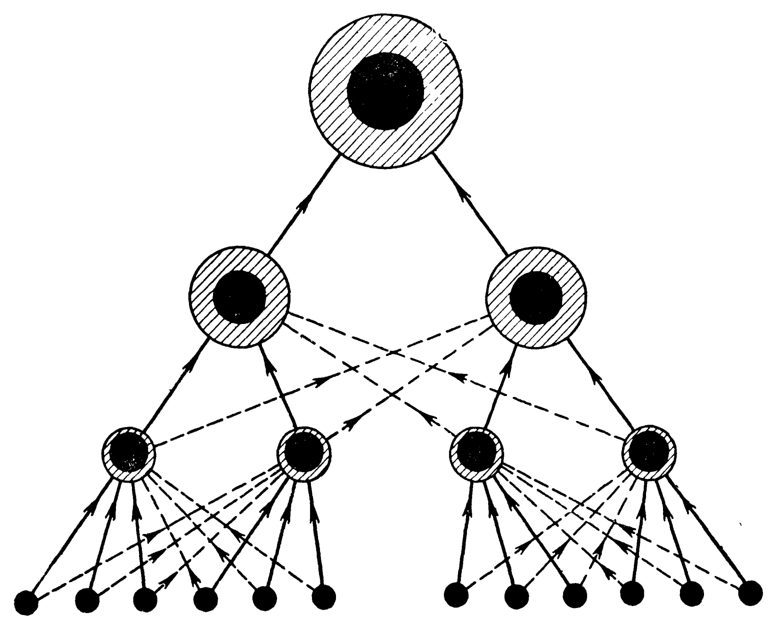


Рис. 23. Увеличение спроса из-за появления ложных требований. Каждый из двенадцати покупателей (нижний ряд), опасаясь нехватки продукции, подает заказ двум различным поставщикам. В свою очередь поставщики заказывают продукцию в двойном количестве у двух различных изготовителей. Очевидно, результирующий спрос (заштрихованный плюс черный) в 4 раза превышает спрос фактический (черный).

не в состоянии делать у себя очень большие запасы. Покупатели этой продукции могут предусматривать создание запасов в большем объеме и так далее по цепочке. К тому моменту, как мы принимаемся за готовые изделия, представляющие собой отдельные узлы из стали, никто не может сказать ни то, каким получается эффект от распространенной информации, ни то, каким образом применить информацию, вернувшуюся обратно.

В результате получается следующее. Информация, поступающая по цепи обратной связи из среды, окружающей всю промышленность, состоит, во-первых, из сведений о требуемой загрузке.

Впоследствии многое из этого «спроса на сталь» окажется неправильным. Поскольку каждый в цепочке снабжения пытается застраховать себя от нежелательных последствий, он размещает долгосрочные заказы среди нескольких поставщиков, а не у одного. Многих из этих поставщиков придется впоследствии исключить. Промышленность оценивает сумму заказов и находит, что она не может произвести продукции на такую сумму. Поэтому предусматривают новые капиталовложения и тем временем нормируют выпуск стали. Благодаря системе с задержанной обратной связью это вызывает дальнейшую тревогу на рынках. В Великобритании это нарушение управления (биохимического типа) ростом организма вызвало массу трудностей. В частности, сделало почти невозможной экономическую оценку потребностей нации.

С помощью экономических моделей нельзя удовлетворительно решить проблему. Поэтому требуется биологическая модель с возможностью осуществлять необходимые расчеты для предполагающихся сложных информационных контуров.

С. КИБЕРНЕТИКА (CYBERNETICS)

Кибернетика — наука управления, питающая специалистов по вопросам управления потоком моделей. Чем больше удается узнать о системах управления в природе, особенно у животных, а также о функционировании их мозга, тем лучше мы начинаем понимать, каким образом организм обучается на основании своего собственного опыта, ищет и находит цель, приспосабливается к окружающей обстановке после появления возмущающего воздействия и при действии различных стимулов, а также развивается, удовлетворяя требованиям изменяющейся окружающей среды. Другими словами, мы начинаем понимать, что представляет собой механизм выживания. Вся эта информация является достаточно ценной для предприятия, которое также сталкивается с необходимостью решения всех этих проблем и особенно последней.

Например, мозг в состоянии обеспечить получение последовательных решений, несмотря на ненадежность его компонентов. В действительности дело не только в ненадежности самих клеток мозга и связей между ними. Многое объясняется просто их умиранием при перегрузке. Считается, что за день нашей жизни мы теряем приблизительно 100 000 мозговых клеток — и это вообще-то ощутимая часть, хотя в мозгу их насчитывается до десяти миллиардов. К семидесяти годам у нас остается только около 70% от их первоначального количества. Тем не менее нейрофизиологу известно, каким образом мозгу удается получать надежные решения, даже исходя из такой шаткой организации. Это обусловливается в основном использованием многих различных каналов и большого количества различных клеток, выполняющих одинаковые функции и позволяющих по-разному подойти к получению ответов. Кибернетик позаимствовал нейрофизиологическую модель для развития строгой теории о надежности и оптимальной структуре систем принятия решений. Тогда нет ничего удивительного в том, что специалист по управлению использует кибернетическую модель для обсуждения организаций предприятия.

Заметим, насколько более реалистичной является эта модель, чем та, которую обычно использует само управление: стрелочная

схема функционирования организации промоделирована в виде родословного дерева. В этой модели все правильно, и она может быть использована как способ определения основных цепей предприятия. Однако реально это нам ничего не говорит ни о способе работы системы, ни о том, как она должна была бы работать; здесь не содержится также ни малейшего намека на надежность системы или ее функционирование. К тому же в роли создателя выступает организатор, которому свойственно ошибаться. Поэтому, как уже говорилось, для исследования структуры самого управления мы используем кибернетические модели.

Возьмем сильно упрощенный случай, когда мы имеем единственную клетку мозга, вероятность неправильной работы которой соответствует одному шансу из 200, то есть можно говорить об уровне надежности равном 0,995. На клетку подается информация от двух источников, каждый из которых функционирует неправильно в течение 30% времени Тогда каждый из этих входных сигналов является надежным с вероятностью 0,7. Предположим, что клетка должна решать, каким образом действовать, когда оба входных сигнала поступают одновременно. Прежде чем продолжать, заметим, что возникающая в этом случае ситуация может рассматриваться как модель поведения организатора, пытающегося обеспечить решение какого-либо вопроса. Он имеет двух помощников, каждый из которых обеспечивает его информацией, верной на 70% — достаточно высокая цифра. Он сам допускает одну ошибку в 200 случаях. Что ж поделаешь—ведь он только человек! Спасает положение лишь использование модели

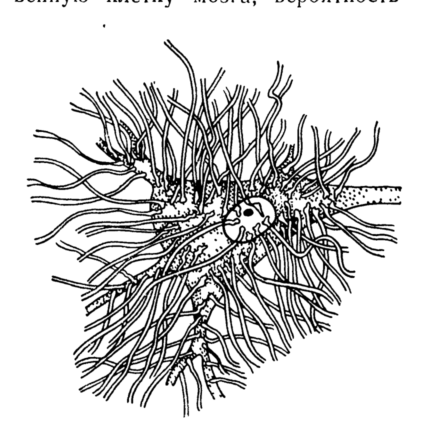


Рис. 24. Одиночный нейрон (нервная клетка), от поверхности которого отходят многочисленные ответвления к другим клеткам.

Теперь попытаемся выяснить, какова же вероятность получения неправильного ответа при таких обстоятельствах. Все три части должны работать правильно и одновременно, чтобы получить правильный ответ Речь идет о вероятности появления трех независимых событий: 0,7×0,7×0,995. Если говорить о вероятности получения неправильного ответа, то под этим понимается разность, которая получается при вычитании результата перемножения из единицы. Тогда вероятность получения неправильного ответа равна 0,51245, т. е. 51%, что даже больше, чем простая случайность. Что же получается? Мы призываем организатора рассматривать входную информацию с величайшей осторожностью и использовать для ее оценки все свое знание и опыт, а он оказывается неправым более чем в половине случаев! Поэтому наилучшее ему пожелание — принимать решение с большой осторожностью и затем изменять его. Тогда он окажется правым в большинстве случаев.

Приведенный пример мог бы означать насмешку над управлением, а также насмешку над нашим собственным умом. И тем не менее основные цифры кажутся разумными и нейрофизиологу, и наблюдателю за управлением. Оказывается, все дело в том, что мозг имеет гораздо более сложную структуру, чем та, которую мы показали. Если имеются три мозговые клетки и каждая клетка характеризуется наличием двух входов, но теперь каждый вход имеет пять отдельных каналов, с одинаковым уровнем ненадежности, то может показаться, что такая система может быть более ненадежной, чем предыдущая. Но это не так! Организация подобного рода характеризуется следующей вероятностью получения неправильного ответа:

$$P=[1-(1-0{,}3^5)\ (0{,}995)]^4=3{,}03\cdot 10^{-9}.$$

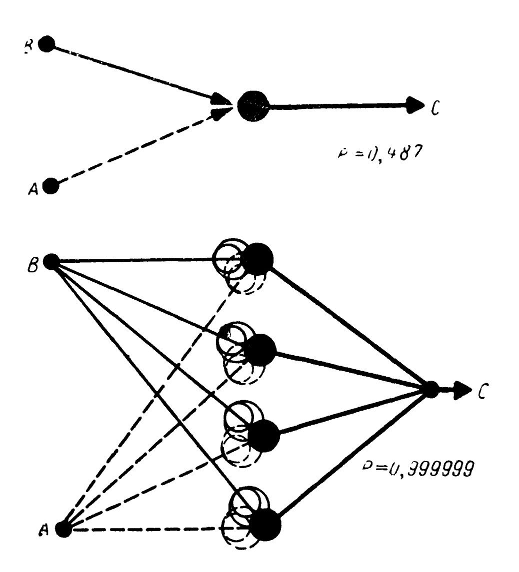


Рис. 25. В этих системах импульс в точке *C* возникнет только в том случае, если в обрабатывающий центр (черный кружок) будут поданы импульсы и от *A*, и от *B*. Система с избыточностью (внизу) почти наверняка должна функционировать правильно, поскольку все пути сигналов дублируются несколько раз.

Таким образом, риск появления ошибки составляет примерно один шанс из ста миллионов. Это — весьма существенное улучшение по сравнению с полученным ранее результатом.

Кибернетическая модель показывает организаторам, занимающимся вопросами управления, количественный путь рассмотрения работы систем. Нам представляется, что каждому компетентному организатору вообще-то известно, что это такое. Решения принимаются после проведения соответствующих консультаций, а не в одиночку. Информация поступает из многих источников, а не только от собственных официально подчиненных лиц. Тем не менее, авторы издаваемых учебных пособий по теории управления пытаются описывать работу организаций, используя понятие родословного дерева, а организаторы, занимающиеся практической деятельностью, даже развешивают эти модели на стенах своих кабинетов. Новая кибернетическая модель представляет собой нейрофизиологическое отображение реально существующих вещей. Она позволя-

ет воспользоваться свойственной ей логикой и провести вычисление решения с целью выработки структуры высококачественного управления.

D. ДЕМОГРАФИЯ (DEMOGRAPHY)

Демография — это наука, занимающаяся изучением вопросов о процессах рождения и смерти людей. Сравните между собой людское население и «население» машин, которые поступают на предприятие с целью пополнения. И те и другие рождаются, растут. И люди и машины имеют полезную рабочую жизнь, а затем начинают отказывать, требовать более тщательного ухода. В конце концов они устаревают и, наконец, умирают. На какой-то стадии в ходе процесса предусматривается восстановление компонентов и может потребоваться хирургическое вмешательство. В какой-то другой момент в ходе процесса и люди и машины размножаются. Люди производят потомство. Машины также (благодаря проведению исследований и усовершенствований) переживают второе рождение.

Эта умозрительная модель разработана достаточно строго, так как существует целая математическая теория для рассмотрения демографических явлений, применимая также и для случая промышленной ситуации. Использование модели весьма полезно при необходимости выработки стратегий эксплуатации и особенно при решении вопросов организации профилактического ремонта, для проведения исследований и усовершенствований, для выработки стратегии капиталовложений. Применение модели также может оказаться полезным и при решении вопроса о выборе стратегии производства продукции.

Выше уже говорилось о производственных процессах, о размерах предприятий и возможностях промышленности, о структуре управления и о самом предприятии. Настало время поговорить о рынке. Нам известно, что на рынках продаются изделия, изготовленные на предприятиях, и что предприятия делают изделия, которые продаются на рынках. Здесь получается замкнутый контур. А это уже язык следящих систем — раздела техники.

E. ТЕХНИКА (ENGINEERING)

Рассмотрим теперь динамику взаимодействия между спросом и предложением. Можно сказать, что это не статическая взаимосвязь, а процесс, циклически повторяющийся во времени. Выражаясь на языке техники, в данном случае имеет место обратная связь, т. е. то, что обеспечивает существование замкнутого контура. Если обратная связь не работает так, как она должна работать, что случается из-за возможных недостатков в технике управления, то вся система находится в состоянии возбуждения. Мы рассмотрели этот распространенный повсюду механизм обратной связи на примере из области биологии. Теперь происходит все то же самое, но только в более знакомой нам области — в инженерном деле.

Предусматривается ли соответствующая техника управления в контуре обратной связи?

Рассмотрим довольно знакомую ситуацию. Существует спрос на предметы потребления, запасы которых предусмотрены. В це-

лях лучшего удовлетворения спроса в производственном плане делаются быстрые изменения. Характеристика спроса растет, и отдел продажи экстраполирует ее на будущее. Уровень запасов колеблется. И тогда вдруг по совершенно необъяснимым причинам прекращается поступление заявок. Норма увеличения объема запасов увеличивается. Поступает приказ: «Остановить производство». Возникает пауза, во время которой запасы расходуются, и наверняка никто че захочет рисковать, создавая их опять сразу же после последней паники. При следующем падении спроса паника повторяется снова. На языке техники это означает, что система рыскает, т. е. работает неравномерно.

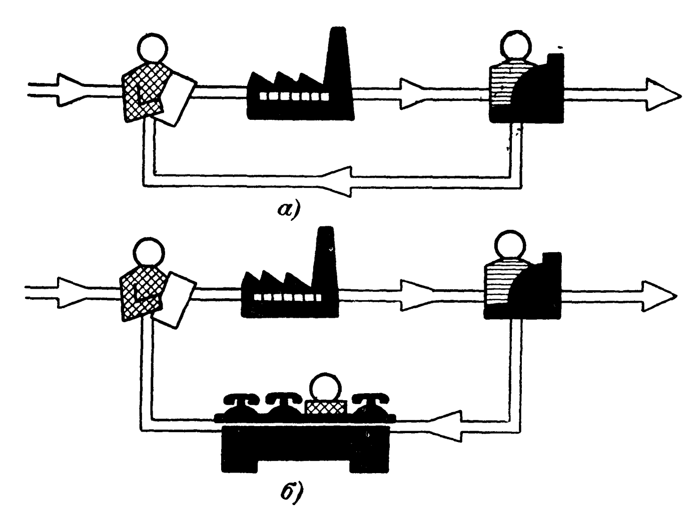


Рис. 26. Если сообщения о продаже еженедельно возвращаются непосредственно к организатору производства (*а*), то выпуск продукции должен колебаться, поскольку предприятие пытается следовать случайным колебаниям спроса. Ввод фильтра управления в контур обратной связи (*б*) с целью расшифровки сообщений о рынке приводит к созданию более сглаженной рабочей системы.

Если обратиться к теоретической модели системы управления, то, очевидно, что в цепи обратной связи, идущей от точки продажи (где в действительности сравниваются спрос и предложения) к точке производства (где должна производиться оценка входных данных), следует установить специальный фильтр. В соответствии с математическим аппаратом, применяемым в теории следящих систем, постановка такого фильтра делает управление за ходом производства фактически независимым от случайных колебаний спроса. Более того, проведя исследования на модели, можно определить, какие же характеристики должен иметь фильтр.

Речь идет о так называемом экспоненциальном сглаживании. Этот способ заключается в том, что ход производственного процесса регулируется не при каждом колебании рыночного спроса, а пу-

тем использования сложной смеси впечатлений, вынесенных из недавнего опыта. В этом случае место определяют весовые значения, которые ставятся в соответствии рыночному спросу. Весовое значение спроса в настоящий момент не намного меньше по сравнению с тем, что имело место в предыдущий период, скажем, месяц назад, и несколько меньше веса, приписываемого поведению рынка в более ранний период, и т. д. Поэтому со временем влияние падает, и на поведение рынка оказывается меньшее воздействие, нежели то, которое наблюдается при существующей деятельности. Или ж, если перевести это на другой язык, поведение рынка в данный момент будет оказывать ослабевающее воздействие на производственную стратегию в течение длительного периода времени еще и в последующем.

Теперь вы видите, почему этот фильтр может считаться «сглаживающим». А вот название «экспоненциальный» появляется в связи с тем, что это, вообще-то, является названием математической зависимости, которая характеризует затухание процессов, обычно наблюдающееся в природе. Примером экспоненциальной зависимости может послужить разряд заряженного конденсатора (из области физики). Уменьшение количества работников производства, заболевших в разгар эпидемии, характеризуется также экспоненциальной зависимостью, поскольку они постепенно возвращаются на работу. Подобная модель процесса с учетом возможного затухания может быть взята почти из любой науки: мы опять-таки сталкиваемся с естественным законом. В этом случае он соответствует модели, взятой из области техники.

F. ГИДРОДИНАМИКА (FLUID DYNAMICS)

Однако все эти разговоры о промышленности начинают надоедать. Чтобы несколько отдохнуть от них, давайте кратко рассмотрим другой вид управления Во многих странах проблемы движения становятся настолько острыми, что создаются целые транспортные системы. В настоящее время движение по дорогам может быть представлено в виде потоков транспортных средств, и это действительно так. Однако в науке подобное движение рассматривают, как если бы это был компактный непрерывный поток.

Тогда в качестве аналога потока движущихся по дороге транспортных средств может быть предложено протекание жидкости Эта жидкость течет с определенной скоростью, напоминая в большей или меньшей степени вискозу. Пользуясь гидродинамической моделью и соответствующей научной терминологией, можно определить влияние сужений и расширений пути на характеристики движения.

Было найдено, что сужения и расширения потока вызывают появление скачков уплотнения, перемещающихся в направлении, обратном движению. Модель позволила определить вторичные скачки уплотнения, о существовании которых инженерам-транспортникам ничего известно не было. Тем не менее, впоследствии правильность предсказания была подтверждена. Эта работа была использована с целью оказания помощи и принятия решений о сетях дорог и управлении ими. Однако, как каждый может видеть, сфер приложения науки управления гораздо больше и не приходится ограничиваться выбором стратегии только лишь при решении транспортных проблем.

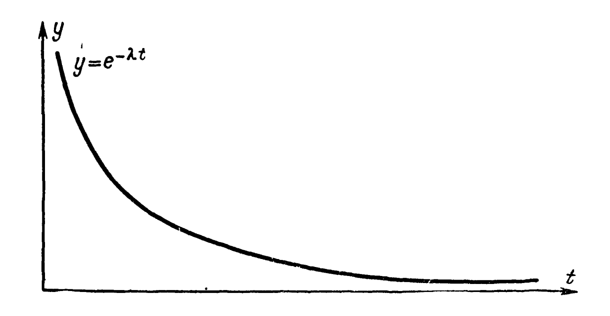


Рис. 27. Падающая экспоненциальная зависимость характеризует многочисленные естественные процессы и, как показано на следующем рисунке, используется для взвешивания приобретенного ранее опыта.

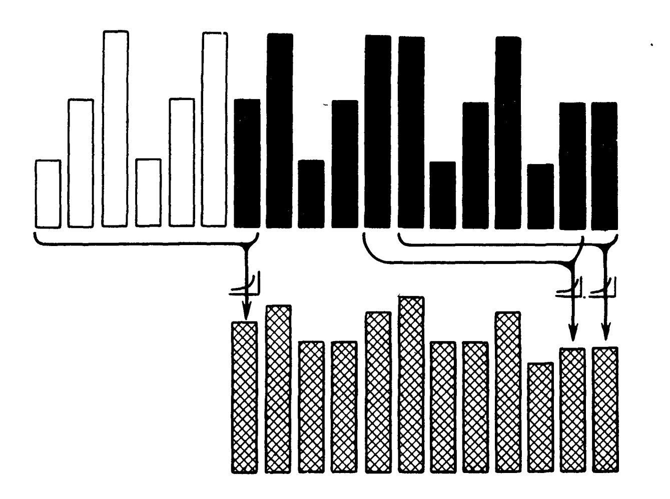


Рис. 28. Сглаженная кривая спроса. Сообщения о продаже сырья за 17 мес. приведены в верхней части рисунка. Внизу представлена сглаженная зависимость, соответствующая заявкам на продукцию, подаваемым в течение последних 12 мес. Она получается с учетом сообщений о продажах путем присваивания сообщению о текущих продажах веса, равного единице, сообщению о продажах, произведенных в последний месяц, — веса 0,83 и так далее до тех пор, пока не окажется, что сообщение о продажах, произведенных 6 мес. тому назад, характеризуются предсказанным весом 0,05.

Итак, мы познакомились уже с шестью примерами научных моделей, причем нам были сообщены дополнительные сведения о некоторых их особенностях. Вот список наук, предоставивших нам эти модели: Акустика, Биология, Кибернетика, Демография, Техника, Гидродинамика. Возможно, мы могли бы попытаться расширить свое знакомство с азбукой моделей за счет Гидравлики и Иммунологии, однако, хотя нам и довелось иметь дело с первой из этих наук на практике, при разговоре о второй пришлось бы просто придумывать необходимый пример. А ведь до сих пор приводились лишь примеры из личного опыта автора этой книги, приобретенного в процессе его практической деятельности.

В некоторых случаях, как вы уже смогли, очевидно, заметить, проведение соответствующих исследований позволяло наметить возможный путь экономии — и экономия действительно была достигнута. Иногда это ограничивалось только обычной консультацией, в которой предлагалось возможное решение с меньшей степенью риска, лучшей стратегией или же с более эффективным управлением. Мы сказали «только». Но и это «только» вознаграждает, и довольно неплохо, и более того убеждает в том, что достигается действительная экономия. Ведь в действительности совсем не требуется иметь очень уж богатое воображение, чтобы увидеть, каким образом можно организовать функционирование основной системы, которая приносит доход, и попытаться заставить ее работать соответствующим образом.

Рис. 29. Медленно движущаяся очередь характеризуется неравномерным движением. Пожалуй, можно сказать, что вся очередь движется волнами. Частота и амплитуда этих волн обратно пропорциональны скорости, с которой производится обслуживание очереди.

МОДЕЛИ И ОТОБРАЖЕНИЕ

Теперь представляется полезным рассмотреть несколько более тщательно вопрос о том, каким образом следует осуществлять отображение модели. Нам необходимо ознакомиться с практическим применением этого метода. Несколько ранее мы познакомились с двумя грозными словами: изоморфизм и гомоморфизм. Тогда можно было понять, правда, можно было и забыть, что обсуждаемые модели являются по существу, гомоморфными, т. е. при отображении себя в реальности они сохраняют те структурные особенности, которые важны для обсуждаемой проблемы. В то же самое время происходит преобразование элементов системы, взятой из реальной жизни, на основе «многое — в одном». А вот что значит «много» — это как раз и хотелось бы обсудить.

Очевидно, что если от чего-то, что имеет продолжение, ведет длинный путь, то при этом теряется масса более тонких подробностей. Однако может оказаться возможным обнаружить значительные изменения — нисколько не меньше. Можно сказать, что расходы за последний год составили столько-то миллионов долларов, а доходы — такую-то сумму. Это дает нам возможность оценить сумму дохода за год и объявить, что производство стало более доходным или понесло ущерб. Далеко не всегда важно знание подробностей процесса, но заключения — важны. Если хочется узнать, почему изменения существуют в таком виде, в каком они есть, то нужно глубже разобраться в сути явления. Можно обратить основное внимание на рынок, в результате обнаружатся различные географические области или различные совокупности про-

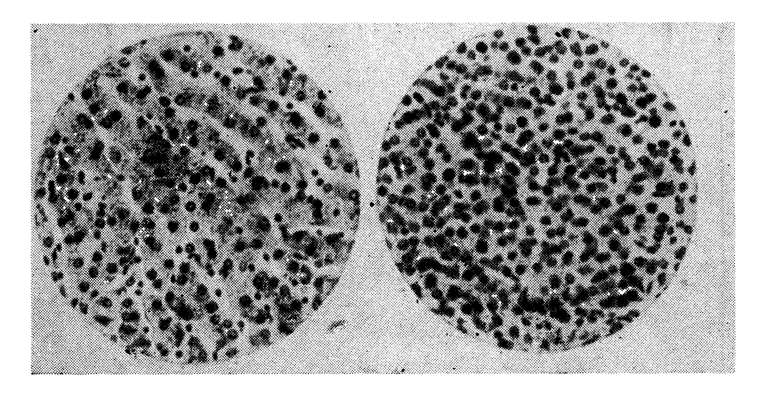


Рис. 30. К вопросу о том, что значит «много». На фотографии слева изображена печеночная ткань свиньи, на фотографии справа — печеночная ткань человека. Оба изображения увеличены в 32 раза. Этот масштаб разрешения достаточно хорош для изучения ткани печени, но совершенно не подходит для изучения существенных различий между человеком и свиньей.

дуктов и может быть высказано большее число предположений. Так может происходить разрешение ситуации. Мы регулируем положение линз для того, чтобы рассматривать в зависимости от необходимости с той или иной степенью подробности. Это предполагает, что изображение в модели «многого — в одном» носит случайный характер, вынуждая специалиста по управлению разбираться в своем решении, на основании которого он пытается что-то узнать.

КОНУСЫ РАЗРЕШЕНИЯ

Попробуем создать умозрительную модель самого процесса моделирования. Если иметь в виду оптику, то в этом случае лучше всего воспользоваться понятиями фокуса и разрешения, потому что мы начинаем с точечной модели при вершине в отсутствие разрешения и заканчиваем внизу при полностью разрешенной сложности

реальной жизни. При движении вниз должен отображаться каждый уровень разрешения. Наблюдаемую картину можно назвать *конусом разрешения.*

Если мы находимся в вершине любого из двух конусов, то наша модель может рассматриваться как содержащая очень-очень «многое в одном», поскольку нам предоставлены две точки, о каждой из которых можно сказать, что она взаимодействует с другой. При этом получается совсем немного, если неизвестна оценка, произведенная в каждой точке. Как уже упоминалось, с помощью точечных данных можно оценивать доходы и потери. Единственная точка, соответствующая рынку, имеет используемую для этого меру — оборот. Тогда эта исключительно простая модель позволяет судить о выгоде. Когда мы действуем в нижней части двух конусов разрешения, то удается лучше разобраться в том, что же происходит в действительности. Если мы находимся внизу, то приходится иметь дело с единственной изоморфной моделью: само предприятие взаимодействует с самим рынком. В любом случае это совсем немного, поскольку единственный способ играть роль на этом окончательном уровне моделирования заключается в продолжении управления существующей ситуацией.

Ясно, что наиболее экономичный способ, связанный с привлечением науки управления, должен соответствовать как можно большей высоте конуса разрешения. Точечная модель при вершине конусов разрешения может быть разработана для данного предприятия путем опроса финансовых работников, которые предоставят соответствующие цифры. Когда ученый опускается по конусу, пытаясь понять сущность всей системы, его задача становится все более и более сложной. В настоящее время для рассмотрения этой усложняющейся задачи используется специальный прием. Дело заключается в том, чтобы начинать с модели с низким разрешением и умеренными размерами, которая может быть сконструирована довольно быстро. В процессе работы с этой моделью ученый начинает изучать, какие области или подсистемы деятельности при исследовании являются относительно второстепенными. Это выясняется путем изменения значений соответствующих ключевых параметров и при этом следят, оказывает ли отклонение существенное воздействие на общий уровень выпускаемой продукции.

Некоторые блоки, представляющие в модели соответствующие подсистемы, наоборот окажут необычайно сильное воздействие на выпускаемую продукцию. Существуют подсистемы, о которых знать больше — жизненная необходимость Поэтому ученый опускается по конусу разрешения несколько далее, однако только в те блоки, которые важны. Это означает, что если он намеревается сконструировать более подробную модель, расположенную в конусе на более низком уровне, то в дальнейшем он не сможет рассматривать целое поле операций. Все то, что его не интересует, остается у него позади. Та же самая вещь происходит еще раз. Задавая еще большее разрешение, он достигает еще большей степени детализации и опять может выяснить, какие части подсистемы из тех, которые он не охватил, являются относительно второстепенными, а какие — важными и неясными. И так далее при движении вниз по конусу.

Необычайно важно оценить, какие же вещи остаются неясными до конца. В этих случаях ученый действительно вынужден опуститься на землю. И тогда начинается фактически самое обычное исследование, проводимое старыми методами, поскольку теперь ученый

работает на изоморфной модели самой реальности. Ученому надлежит изучить и раскрыть все то, что происходит. Это может оказаться довольно тяжелой работой. Тем не менее задача представ-

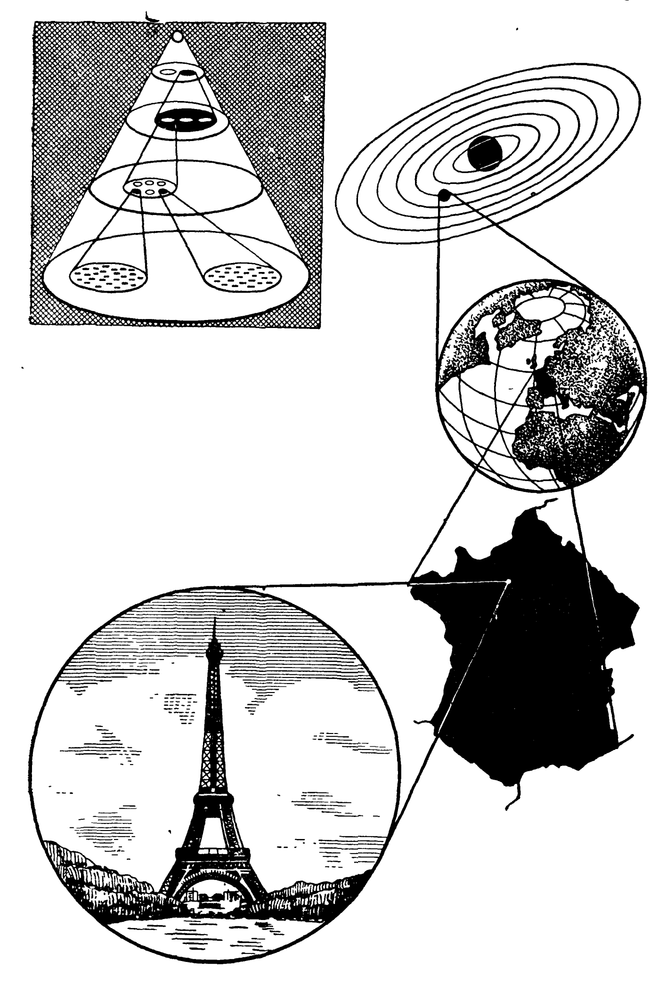


Рис. 31. Конус разрешения. Каждая точка на одном уровне может характеризоваться изобилием подробностей при проведении изучения в другом масштабе.

ляется интересной и ее решение сулит экономические выгоды для предприятий.

Все это означает, что специалист по вопросам управления закончит выполнение соответствующего задания, по всей вероятности, с иерархией моделей, а не с одной моделью. Разработанная им

первая модель оказывается грубой, вторая модель — более тонкой и т. д. Более тонкие модели, связанные с рассмотрением частей системы, входят в более грубые и более полные модели, располагающиеся в конусе разрешения на более высоком уровне. В следующей главе как раз предполагается рассмотреть две очень важные проблемы управления. Их изложение будет, как обычно, проиллюстрировано фактическими примерами.

Глава пятая

РАБОТА МОДЕЛЕЙ

Проблемы управления не имеют отношения ни к организации предприятия, ни к талантам людей, призванных решать эти проблемы. Попытайтесь мысленно проделать следующий эксперимент. Пусть можно считать, что на рынке удастся сбыть все, что бы мы ни пожелали продать. Тогда, какую продукцию наиболее целесообразно производить? Нам хотелось бы наилучшим образом использовать свои возможности: мы намереваемся производить смешанные виды продукции с использованием всей техники предприятия. Мы хотим также наилучшим образом использовать рабочую силу, выделенную для реализации данного оптимального плана. Остающимся важным компонентом стоимости является стоимость необработанного сырья, поэтому целесообразно уменьшить до минимума и эти расходы.

Решение этой задачи не является таким легким делом, как это выглядит на первый взгляд, благодаря огромному разнообразию возможных программ и возможных путей реализации. Ведь требуется принять правильное решение сразу же, а комбинации кажутся бесконечными. Однако все может быть сделано при умении владеть соответствующим математическим аппаратом. Ясно, например, что многие возможные программы могут быть исключены немедленно, поскольку их реализация оказалась бы более дорогостоящей, чем в каком-либо другом случае. Короче говоря, мы можем связывать получение выигрыша просто с использованием единственного правила игры, в соответствии с которым о наличии выигрыша судят по минимальной стоимости.

Давайте предложим коммерческому директору познакомиться со сделанными нами выводами. Он будет сильно потрясен, увидев, какой странный набор видов продукции и в каких непропорциональных количествах подготовлен ему для продажи. Вместе с тем он испытывает другое и гораздо более приятное потрясение, когда познакомится со стоимостью этих вещей.

А что должна делать администрация сейчас? Предположить, что продающая сторона продаст этот определенный набор товаров, а не другой? Но это непрактично. Во-первых, могут быть предусмотрены соглашения о поставке несколько иных видов продукции, а не того набора, на который рассчитана оптимальная программа. Или, возможно, следует изготовить и продать партию товаров, приносящих убыток, с тем чтобы обеспечить получение высокой прибыли за счет производства продукции иных видов? Можно продолжить эксперимент по выявлению наиболее целесообразной ситуации



Рис. 32. Часть задачи минимизации. На схеме указаны маршруты перевозок железной руды (в основном в зоне Атлантики). Проблема, естественно, заключается в том, чтобы обеспечить получение нужного количества железной руды на каждом обрабатывающем предприятии при минимальных затратах. Решение этой проблемы усложняется тем обстоятельством, что перевозчики железной руды требуют загружать транспорт при рейсовых поездках в обратном направлении с целью обеспечения максимального дохода, а также тем, что обработанная продукция (чугун) может быть перевезена при меньшей стоимости, чем неочищенная руда.

с учетом практических ограничений, налагаемых условиями торговли. Существуют по меньшей мере три весьма важных элемента, которые следует учитывать при руководстве предприятием, даже если предполагается, что при нормальной деловой активности не-

возможно осуществлять радикальное изменение путем изменения собственной стратегии.

Во-первых, необходимо следовать программам производства продукции, близким к оптимальным, создавая определенные фонды. Это позволяет сгладить до некоторой степени влияние изменяющихся требований рынка, конечно, благодаря статистической трактовке этой проблемы как стохастического процесса. Создание необходимых фондов требует определенных затрат, однако это также может быть оценено и исследовано по отношению к потенциальным прибылям, получаемым при работе по данной схеме.

Вторая стратегия дополняет первую. Поскольку делаются попытки разработать программы, близкие к оптимальным, то ожидается извлечение гораздо более высоких прибылей. Часть полученного дохода может быть использована для уменьшения продажных цен. Это окажет определенное воздействие на сохранение покупательной способности рынка в отношении той продукции, которая пользуется наибольшим спросом при продаже.

Третья стратегия зачастую не рассматривается из-за существования пропасти, разделяющей обычно управление производством и управление сбытом. Она заключается в том, что можно изменять величину капиталовложений в само производство, изменяя баланс оборудования до тех пор, пока оптимальное устройство не станет приблизительно соответствовать требованию, предъявляемому рынком. Тем самым удастся добиться наилучшего использования возможностей производства.

Для выполнения этой работы применяется математический метод, получивший известность как *метод линейного программирования*. Мы можем рассматривать каждую возможную программу как партию продукции, причем каждая партия — это фактически линейное уравнение, поскольку заключает в себе определенное сочетание ресурсов, которое дополняет общие известные ресурсы. По аналогии с этим наличие тех или иных партий товаров предоставляет возможность определенного выбора из выпускаемой продукции. Каждое уравнение системы должно записываться с учетом наложенных ограничений. После этого задача весьма напоминает задачу совместного решения всех этих уравнений. Вы помните, очевидно, из курса школьной алгебры о том, что наличие системы уравнений означает присутствие уравнений в количестве, совпадающем с числом неизвестных. В линейном программировании это условие обычно не выполняется. Поэтому и возникает большое количество самых разнообразных решений. Их называют допустимыми решениями программы. Однако, как уже говорилось ранее, необходимо иметь критерий, в соответствии с которым можно былс бы осуществлять выбор нужного решения. Этот критерий — минимальная стоимость — и является недостающим уравнением системы.

ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДОВ КАК ТАКОВЫХ

В настоящее время метод линейного программирования (очень мощный метод операционного исследования) основывается на использовании математической модели. Модель позволяет рассмотреть путь, по которому абстрактные переменные, такие как стоимость, изменяют взаимное положение в абстрактном пространстве. Математическое программирование (уравнения необязательно должны быть линейными), подобно методу, разработанному для исследо-

вания стохастических процессов, является наилучшим средством, благодаря которому системные модели могут быть использованы для проведения количественного анализа. Многие уже пытались применить математическую модель самостоятельно. Для этого они отыскивали взаимосвязь всех переменных друг с другом в ситуации реальной жизни и посредством этого изобретали основу системы. Вот почему многочисленные эксперименты с линейным программированием у многих закончились неудачей. Математика может быть очень искусной, параметры можно подобрать соответствующим образом и важнейшие ограничения найти и предусмотреть. Тем не менее если рассматривать математику как модель ситуации реальной жизни, то мы придем к заключению, что отображение не позволяет проникнуть достаточно глубоко во все те сложные взаимосвязи, которые являются элементами существующей реальной действительности.

Одна из причин этого заключается в том, что изучение математического программирования может быть успешно доверено одной из ветвей управления, занимающейся, скажем, вопросами производства продукции или продажи товаров, которая питает прикладную математику данными, довольно хорошо характеризующими свою собственную деятельность, но неравноценно — деятельность других направлений. В настоящее время ученый — специалист по вопросам управления не должен принимать во внимание эту условность деления. Наибольшая польза от целого комплекса уже проделанных операционных исследований заключается в том, что с их помощью показана возможность использования различных операционных методов для разработки полной модели предприятия.

Как было видно при рассмотрении примеров, применение метода линейного программирования, осуществляемое в целях выработки рекомендаций к производству продукции, может привести к необходимости продажи самой различной чепухи. В то же время оптимальный набор видов продукции, определенный с точки зрения цен и доходов с учетом ограничений, налагаемых условиями торговли, может соответствовать производству продукции с фантастической стоимостью. Даже если реализация метода программирования и позволит сбалансировать обе стороны, нецелесообразно принимать ситуацию в том виде, как она есть. Для осуществления управления не следует считать, что ситуация, обусловленная предложенными изменениями, является разумной. Поэтому процесс научного моделирования, которому в этой книге уделено такое значительное внимание и используя который ученый может проводить исследование с целью выбора новых, лучших стратегий управления, должен позволять определять количественные характеристики с помощью соответствующих методов. Следует отметить, что изолированное рассмотрение этих методов не совсем оправдано.

Подводя общий итог, можно сказать, что видны весьма многообещающие перспективы. Потери в производительности и необязательно высокая стоимость, равноценная эксплуатация рынка и необязательно низкие прибыли — все это может иметь место лишь благодаря хорошей приспособленности всей системы к изменениям в выпускаемой продукции и к требованиям рынка сбыта. Однако из-за взаимосвязанного характера компонентов системы наличие даже небольших недостатков обходится довольно дорого. Если недостатки поддаются исправлению, возможно, совсем недорогой ценой, то в качестве золотого ключика, «отпирающего» всю систе-

му, используются капиталовложения. Чтобы действовать подобным образом, поступление вкладов необходимо рассматривать просто как процесс увеличения выпуска продукции или модернизации производства с целью продажи «адаптации к наиболее современной практике».

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ РЕАЛЬНОЙ ЖИЗНИ

Решение практической задачи, к которому можно переходить теперь после предварительного рассмотрения ряда положений, должно начинаться с обсуждения результатов обследования самого производства специально подобранной комиссией; это совсем не предполагает изучение вопросов, связанных с вложением капитала. Проведение ранее операционных исследований не означает, что способы и результаты того или иного исследования могут быть целиком перенесены на решаемую в каждом конкретном случае задачу. Однако здесь речь шла о «просвещенном» управлении, а это означает, что проблема известна и что использование науки управления должно предполагать свободу исследования, позволяя рассматривать любую стратегию предприятия. Нам известно, что изучение разнообразных взаимосвязей проводилось путем обследования самих внешних проявлений с учетом сущностей самых различных явлений. Так, первая умозрительная модель была разработана для примера из области экологии, поскольку экология — это наука, которая занимается изучением вопросов взаимодействия живых организмов с окружающей средой.

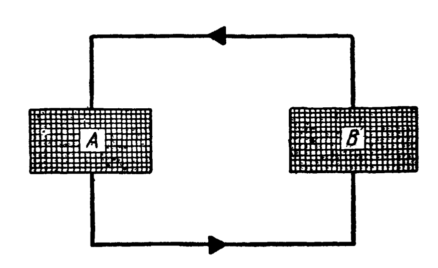


Рис. 33. Разделение сложной деятельности на предприятии *A* и окружающей ее среде *B* осуществляется иногда произвольным образом, но может рассматриваться как отправное начало в процессе моделирования.

При схематическом изображении этой ситуации в предыдущей главе нам удалось показать окружающую среду как некое пространство, в котором функционирует данный живой организм. Однако теперь эту картину целесообразно как бы разделить на две части. Это делается для удобства последующего изложения материала. В этом случае ситуация изображается в виде схемы. Конечно, схема едва ли содержит достаточную информацию. Она изображает лишь одну точечную модель. Некоторые моменты опущены, поскольку для аргументации нам пришлось воспользоваться теорией конусов разрешения. Теперь эта модель необходима для проведения моделирования, ибо степень разрешения, полученного до сих пор, фактически равна нулю и нужно разобраться, каким образом следует опускаться по конусу разрешения при использовании иерархии научных моделей.

Существующая до сих пор точка зрения на модель заключается в том, что она образует замкнутый контур. Модель показыва-

ет одним махом все, что воздействует на систему. Все это показывается в том или другом блоке. Тогда, хотя и заманчиво сказать, что такая неразрешенная картина слишком уж упрощает все происходящее, это не совсем правильно. Для упрощения часто исключают те или иные вещи, а это может оказаться далеко небезопасным. Эта модель является довольно полной, но без какой-либо детализации. Блоки в том виде, в каком они изображены, лишены содержания и являются пустыми: все явления могут происходить в них самих.

Умозрительная модель, рассмотренная для случая из области экологии, дает нам ключ к пониманию того, что существуют различные области взаимодействия с окружающей средой. Например, живой организм периодически вдыхает кислород. В то же время каждый может наблюдать цикл проглатывания, пищеварения, выделения или же циклы, связанные с выработкой реакций на

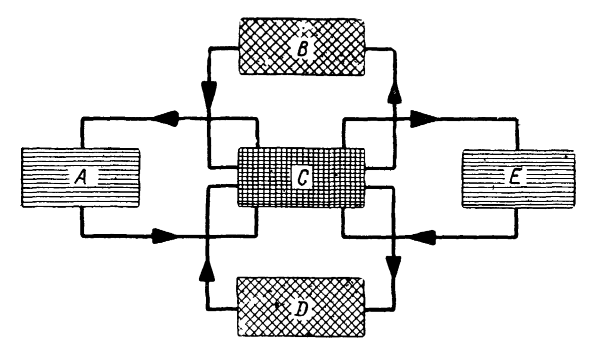


Рис. 34. На этой блок-схеме, показывающей взаимодействие предприятия *C* со средой предложений *A*, рабочей средой *B*, финансовой средой *D* и средой спроса *E*, изображен дальнейший этап в процессе моделирования. Следует отметить, что схема процесса сильно упрощена.

опасность. Аналогично производственная среда может распадаться на значительное количество областей. Одной из таких областей является, очевидно, рынок сбыта товаров. Мы уже разговаривали об этом, прежде чем перешли к среде спроса и контуру «покупка — повторная покупка» с обратной связью. При этом среда предложений также играла определенную роль, поскольку потребность в различных видах необработанного сырья не может указываться тем или иным лицом произвольно, в особенности если сырье должно импортироваться из-за границы. Поэтому в данном случае приобретает определенную важность контур «покупка — использование — повторная покупка» с обратной связью. Как часто случается, большое количество проблем управления возникает в связи с рабочей силой, и цикл взаимодействия рабочей силы с предприятием составляет другую область в окружающей среде. Наконец, во всем этом участвуют различные потоки денежных сумм, которые играют важную роль. Поток денег важен всегда, поскольку это является условием существования предприятия, позволяя осуществлять преобразование предметов торговли в деньги и, наоборот, денег в

предметы торговли, а также создавать определенный денежный фонд. Все это весьма напоминает процесс циркуляции кислорода. Однако в этом случае возникли другие финансовые проблемы, включая вопросы о возможностях использования капитала.

Теперь у нас имеется определенная схема, придерживаясь которой можно достигнуть гораздо большие степени разрешения окружающей среды, и мы приступили к проведению эмпирического исследования по реальным фактам, без чего наука является простой фантазией. Группа специалистов также начинает с исследования внутренней деятельности предприятия, причем это делается главным образом с точки зрения изучения воздействия на него различных областей окружающей среды. Что выходит за пределы рассмотрения на этом этапе — так это то, что финансовая среда, хотя ее роль и чрезвычайно важна, может выражаться как самостоятельная часть внутренней деятельности предприятия. Рабочая среда могла бы рассматриваться аналогичным образом; факторы, связанные с рабочей силой, почти всегда оцениваются внутри самого предприятия.

При таком способе действий был достигнут второй иерархический уровень в конусе разрешения. Среды спроса и предложений были исследованы и разделены на блоки. Финансовую и рабочую среды пришлось исключить в соответствии с их ролью, каковой она представлялась при рассмотрении внутренней деятельности компании. И тогда для выражения всего этого возникла необходимость в разработке новой модели. Наукой, применение которой целесообразно для описания функционирования взаимодействия в системе на этом уровне, является общая теория систем. Теперь перейдем к изучению блок-схемы, отображающей взаимодействие, подразумеваемое в этой модели. Среда предложений иллюстрируется «подковой» меньшего радиуса. Здесь же изображаются три основных вида материальных ресурсов и их альтернативы. Среда спроса (большая «подкова») предполагает наличие десяти раздельных рынков. Следует отметить, что существование этих рынков допускает возможность продажи смешанной продукции, независимо от того, имеются ли в виду полуфабрикаты или же полностью готовые изделия. Вместе с тем предполагается невозможность дробления тех блоков, которые являются пустыми.

Однако мы занимались длительное время описанием взаимодействия систем. Представляется целесообразным проведение количественного статистического анализа с привлечением соответствующих числовых данных, значений вероятностей и с учетом периодов времени, поскольку по существу имеет место стохастический процесс. Это означает в свою очередь, что очень многое можно сказать о стабильности систем, а также относительно уязвимости организма к изменениям окружающей среды. К подобным заключениям можно придти в результате проведения анализа экологических взаимосвязей, а не благодаря знанию информации о содержимом всех небольших блоков, которые еще не подвергались дальнейшему дроблению. Это — интересная демонстрация систематического качества системы: ее общее поведение определяется в большей степени существующими взаимосвязями, а не самими взаимодействующими элементами.

При такой степени разрешения представляется возможным промоделировать работу системы. Однако в действительности сама система моделировалась довольно хорошо на изоморфном уровне,

то есть можно сказать, что общая динамика функционирования системы совершенно ясна. Теперь мы заинтересованы в определении элементов решения системы. Здесь нужно быть предельно внимательным, поскольку приходится сталкиваться с терминологическими трудностями. Если в любой заданной точке системы в произвольный

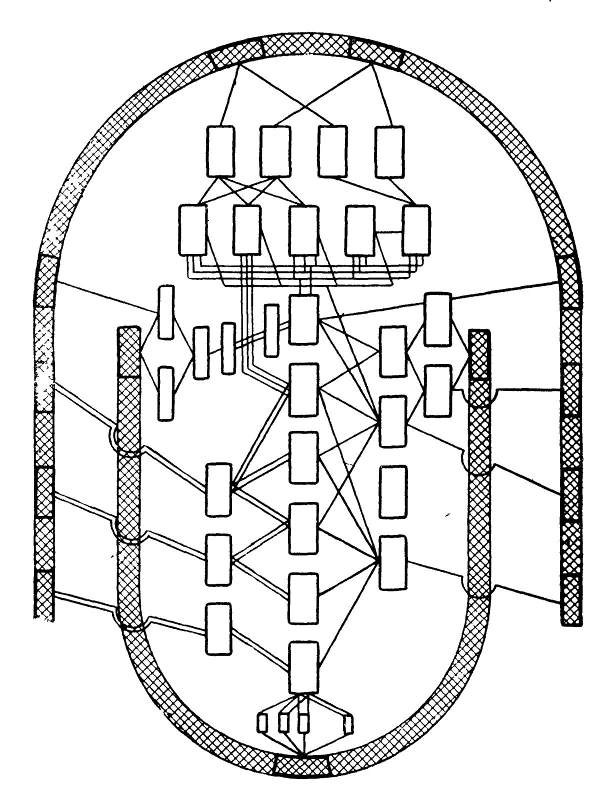


Рис. 35. Следующий этап в моделировании процесса взаимодействия предприятия с окружающей средой. Два заштрихованных сегмента изображают среды спроса и предложений соответственно. Благодаря использованию этой блок-схемы удается лучше ощутить сложность ситуации.

момент времени процесс может развиваться не в одном, а в нескольких направлениях, то решение должно учитывать существующие возможности. Иногда это означает, что организатор обязан сделать выбор или, как обычно говорят в подобных случаях, «принять решение». Однако иногда выбор может быть осуществлен самой системой, поскольку ее общее состояние таково, что необходимое решение вытекает непосредственно из ситуации, возникшей в каком-либо другом месте. Приходится возвращаться к аргументам

о реверберации и взаимосвязях; иными словами, мы говорим о свойствах самоорганизации систем.

Если вы задумывались о подобных вещах, то очевидно понимаете, что во всем предприятии эти свойства являются наиболее важными элементами принятия решений. У организатора нет времени на то, чтобы делать полностью обоснованные выборы всякий раз, когда существуют несколько возможных решений. Администрация часто полагается на присущую системе способность действовать рациональным образом, и это включает сознательное поведение рабочих. Перемещаясь далее по конусу разрешения, мы намереваемся разработать на базе модели системы другую модель, используя которую можно было бы определить решающие свойства системы и отличать ее самоорганизующие свойства от тех, которые требуют вмешательства управленческого персонала. Конечно, ответ было бы желательно получить в количественном виде.

С учетом сказанного следующая модель из общей иерархии моделей выбирается из области электротехники. Представление системы в виде электрической схемы гарантирует, что точки решений известны и что информация, необходимая для функционирования системы, полностью определена. Если быть точным, то нужно сказать, что приводящаяся здесь модель представляет собой следящую систему, являющуюся изоморфным отобржением более ранней модели, полученной исходя из общей теории систем. Она содержит меньшее количество стохастических компонентов, будучи разрешена скорее с позиций циркуляции информационного потока. Более того, для нее характерен совершенно строгий учет ситуации. Фактически мы имеем в той точке решения электрический аналог, поведение которого в процессе исследования будет совершенно аналогично поведению органической системы. Этот аналог может быть реализован на практике в виде аналоговой электронной вычислительной машины, используя которую можно было бы «проиграть» процесс управления с учетом возможности возникновения разнообразных ситуаций. Это позволило бы исследовать реакцию системы на воздействие различных случайных возмущений. Создание физической модели для проведения исследования процесса управления нецелесообразно, и тогда вместо этого приходится ограничиваться пером и бумагой.

Теперь представилась возможность рассчитать на машине, каким образом один участок системы мог бы стабилизироваться в случае возмущающего воздействия входных сигналов, поступающих из других участков. В действительности любые большие смешанные системы характеризуются наличием специфических особенностей — назовем их внутренними регуляторами или исполнителями решений, которые стремятся сделать всю систему саморегулирующей. Если бы разрабатываемые управленческие системы не были бы в основном саморегулирующими, то мы никогда не смогли бы управлять ими: они характеризуются слишком большими сложностями, чтобы можно было их воспроизвести. И тогда проведение операционного исследования позволило установить в точности то, что являлось саморегулирующим в этой системе, причем это оказалось возможным благодаря использованию модели в виде следящей системы. Наличие недостатков свидетельствовало о том, что саморегулирования не происходило.

Наконец, мы подошли к последнему уровню разрешения и к последней модели в иерархии. Мы опустились по конусу разреше-

ния до такого этапа, когда получаемые ответы могут быть использованы в качестве решений изучаемой проблемы. Наверняка нам удавалось проходить время от времени далее всего этого и производить эмпирические исследования на уровне магазина и рынка относительно неясных частей неразрешенных блоков. Тогда эта информация опять приводила к движению вверх по конусу разрешения, с тем чтобы помочь определить количество моделей на этих различных этапах. Теперь же все внимание обращено на блок, названный блоком «решений», и мы готовы воспользоваться методом линейного программирования.

КОГДА УМЕНЬШЕНИЕ СТОИМОСТИ ОБХОДИТСЯ СЛИШКОМ ДОРОГО

Описанная история основана на ситуации, возникновение которой возможно в процессе производства. При этом блоки в экологической модели, выделенные для обозначения рынков, не дробились с высокой степенью детализации. Для иллюстрации разрешения рыночной ситуации рассмотрим вторую историю, которая опять предполагает проявление определенной инициативы и сокращение границ управления.

Предположим, возникла необходимость в строительстве нового предприятия, поскольку одно из предприятий потерпело неудачу. Новое предприятие могло бы быть построено на том же самом участке, но возникала трудность производства продукции во время строительства. Администрация считает, что было бы неплохо перенести место строительства. Но куда?

В то же время в случае выбора нового места для строительства предприятия все преимущества, которые давала существующая система распределения товаров, могут улетучиться.

Возможно, вам захочется здесь прерваться, с тем чтобы спросить, как же это могло случиться? Указанное обстоятельство привело администрацию в недоумение. Однако изложенных в данной книге сведений вполне достаточно, чтобы показать, каков же должен быть ответ. Напомним, что мы имеем дело с системой, в которой значительное количество предприятий, разнесенных на большие расстояния друг от друга, изготовляют потребительскую продукцию для розничной продажи в самых различных пунктах — независимо от того, идет ли речь о городе, небольшом местечке или же деревне. Следовательно, налицо стохастическая сеть распределения, с видом которой мы уже познакомились несколько ранее. В ней существуют дополнительные заводы, являющиеся вспомогательными для основных предприятий; предусматривается также сеть товарных складов и баз, разбросанных по всей округе.

Ну, хорошо, администрация создала эту тщательно продуманную сеть для организации розничной продажи изготовляемой продукции, и это было сделано с учетом знания мест размещения соответствующих предприятий. Администрация проделала эту работу с полным пониманием дела и с учетом требований экономии средств. Но при строительстве предприятия на новом месте приходится сталкиваться с другой системой, а это означает нечто иное, чем обычное суммирование частей. Существовавшая система — это нечто большее, чем сеть распределения, которая предназначена для распределения продукции; это — целый механизм распределе-

ния. И он служит вообще-то не для распределения продукции именно в пределах от и до, а для ее перераспределения из одних определенных мест в другие. Его целостность как системы влияет на эти особенности. Поэтому в случае попыток изменить произвольным образом место размещения основного предприятия эта целостность механизма нарушается. Мы пытаемся использовать механизм совершенно для другой цели, и наивно полагать, что его применение позволит выполнять работу, отличную от той, для которой он предназначался.

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРОШЛОГО — ПАРАДОКС ДЛЯ ПРОБЛЕМЫ

Теперь придется попросить вас познакомиться более подробно с более трудным умозрительным этапом с учетом того, что использовавшиеся до сих пор двойные конусы разрешения рассматривались как наложенные. Нет ничего особенного в наличии двух конусов — их может быть любое количество. И, возможно, наилучшим обобщением всей этой идеи является единственный конус, в котором все должно быть объединено в такой степени, в какой это соответствует требованиям общей теории систем. Теперь модель при вершине этого конуса является просто точкой, помеченной как «система распределения», которая определяется как механизм, разграничивающий спрос и предложения. Тогда эта точка совершенно ни о чем не говорит. Если мы начали подробно обсуждать вопросы, касающиеся конуса разрешения, то первый уровень, который достигается, связан с логикой системы.

Нам известно, что приходится иметь дело с сетью, и первая проблема заключается в том, чтобы разобраться хоть в какой-то степени в направленности этой сети и тех правилах, которые управляют ею. В данном случае описательный процесс носит наверняка логический характер, поскольку мы связаны не столько с финансовыми или географическими факторами, сколько с принципами всей деятельности. На первый взгляд, просто рассматриваются потоки материала, перемещающегося от розничного торговца к изготовителю и в обратном направлении, которые представляют определенный интерес. Или же удастся найти, что в данный момент времени допускается возможность передачи всего содержимого предприятия на один розничный рынок сбыта. Однако эта система характеризуется наличием определенной структуры.

Тогда первым шагом будет использование общей теории систем с целью получения некоторого разрешения, которое должно проводиться с учетом не мест размещения и стоимости, а логики событий. Мы запишем ниже в строгой форме вазимосвязь между предприятиями, субсидируемыми заводами, товарными складами, базами и розничными рынками сбыта, не говоря ни слова о количественной величине этих параметров. Данное обстоятельство означает, что, исходя из этих соотношений, идет разговор о смысле распределения без какой-либо привязки к любой совокупности обстоятельств. Тем самым создан язык распределения, которому благодаря строгости в логическом отношении может быть «обучена» электронная вычислительная машина.

Следующим шагом в разрешении является изучение географии государства с целью пронаблюдать, что же представляет собой данная территория, так как несконструированная сеть, заданная в первой модели, должна будет растянуться по всей стране. Тогда

возникает вопрос, каким образом можно получить строгое представление о территории. К счастью, существуют крупномасштабные карты, на которых особую важность представляет сеть шоссейных и железных дорог. Здесь налицо прекрасный пример гомоморфной модели. Необходимо отобразить на карте реальную территорию, пользуясь численным представлением, что позволяет сохранить структуру дорог и ничего более. Это делается без особых усилий, причем предполагается использование вычислительной машины. Все вышесказанное необходимо учитывать при создании топографической модели, содержащей данную информацию.

Теперь благодаря использованию двух моделей задача уже разделена на части в том месте, где абстрактная логическая структура может быть распространена в пределах фактической территории, причем все элементы обеих моделей, указанные точным образом, могут быть учтены вычислительной машиной. Следующий этап разрешения при операционной деятельности связан с последующим использованием конуса разрешения при движении вниз. Насколько совершенно необязательно создавать модель каждого местного предмета географической территории, настолько же нет необходимости отображать каждый аспект стоимости. Основной упор на территорию, сделанный нами при создании первой логической модели, показал важность знания отдельных аспектов, связанных с территорией, и необходимость их моделирования. Теперь дальнейшее разрешение показывает, какие стоимости не зависят и какие зависят от сети при ее конструировании. Вот о чем необходимо помнить, осуществляя разрешение на соответствующем уровне.

Для того чтобы действовать подобным образом, необходимо разработать модель из области эконометрики — науки, имеющей дело с математической структурой экономических вазимосвязей. Эта модель в приводимом случае имела следующий вид. Нам нужно перемещать продаваемые товары из A в B (без знания местоположения этих пунктов). Известно, на какое расстояние товары могут быть перевезены по дорогам в течение дня в зависимости от классификации территории и от правил, установленных торговыми соглашениями. Можно сослаться на расстояние в километрах, предполагаемое между пунктами A и B, поскольку уже имеется топографическая модель, использование которой позволит выбрать маршрут передвижения между этими пунктами, что даст возможность не делать предположения о прямолинейности маршрута между ними.

Расстояние в милях между пунктами A и B делится на соответствующую величину скорости передвижения транспорта, благогодаря чему получается время в часах, затрачиваемое на перевозку товаров. Затем полученный результат должен быть подразделен с учетом необходимости использования предписаний, нормирующих рабочий день. Для этого следует просуммировать траты времени, приходящиеся на обратные рейсы, совершаемые транспортом. Вы сможете увидеть, каким образом составляется общая формула для расчета времени, необходимого на перевозку грузов из одного пункта в другой, и, конечно, стоимостное представление этого процесса. Часть стоимости определяется необходимой заработной платой, которая нам приблизительно известна, а другая часть — расходами, затрачиваемыми на эксплуатацию привлекаемых транспортных средств. Величина возможных расходов на транспорт также известна, и мы объединяем в одно целое стоимость капитала, приходящегося на поездку.

Подведем итог вышесказанному. До сих пор в конусе разрешения существуют три модели, образующие единую иерархическую конструкцию. Структурная модель должна быть составлена в соответствии с принципами, вводимыми эконометрической моделью. На каждом этапе аргумент делается менее общим и более определенным, и это обеспечивает определенность последующего этапа благодаря привлечению внимания к тому, что имеет место на более низком уровне. Этот процесс может быть представлен в вычислительной машине, поскольку все процессы описываются строго. Однако теперь предполагается промоделировать этот процесс или, как иногда говорят, осуществить его математическое программирование. Но, может быть, требуется что-либо иное?

Познакомимся с фактами. Нам известно, сколько предприятий имеется в данный момент, однако мы не знаем их местоположения, поскольку по меньшей мере одно может быть перенесено. В дальнейшем, если администрация компании правильно понимает небходимость использования науки управления, нужно быть готовым рассмотреть (как это было в данном случае) любую рекомендацию, общее количество которых может быть большим или меньшим числа этих предприятий. Далее необходимо изучить существующее размещение других звеньев (товарные базы, склады) в общей цепи распределения с учетом их общего количества. Фактически единственной вещью, которая нам известна, является количество и размещение розничных рынков сбыта. Этого, очевидно, вполне достаточно, однако первый шаг заключается в проведении некоторой проверки будущего спроса с целью посмотреть, целесообразно ли изменять существенно местоположение основных рынков в течение, скажем, ближайших двадцати лет. После того, как это сделано, проблема принимает следующий вид.

Если известны сведения о количестве и размещении различных рынков сбыта, то каким же представляется наилучшее размещение средств производства, связанных с сетью распределения, с тем чтобы организовать доставку товаров для продажи наиболее экономичным способом? При рассмотрении этой проблемы нет необходимости игнорировать существующее местоположение всех рынков, даже если и была согласована возможность изменения их расположения. Каждому предприятию и каждому складу соответствует определенное капиталовложение, и оно имеет вполне определенную неоплаченную величину. Поэтому любое предложенное перемещение должно осуществляться с учетом не только стоимости строительства производства на новом месте, но и потерь, связанных с уходом со старого места.

Теперь мы подошли к интересному моменту. Нам необходим метод поиска территории для размещения всех этих средств производства с учетом необходимости создания наилучшей возможной комбинации. Невозможно составлять списки и проверять все потенциально возможные места, поскольку их количество бесконечно, поэтому составление списков никогда нельзя было бы закончить. Как же сделать один выбор при наличии бесконечно большого числа возможных решений с тем, чтобы он был наилучшим?

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРОШЛОГО — ПРОБЛЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ

Известный путь решения этой проблемы не может быть изложен подробно со всей его научной замысловатостью без большой связи с математикой и путем предположения наличия только лишь

серьезных знаний о технологии решения задач на вычислительной машине. Поэтому проводимые здесь рассуждения являются небольшой воображаемой частицей того, что вообще-то следовало бы сказать. Предполагается передать, пользуясь обычным русским языком, какой же научной стратегии мы придерживались ранее. Вы можете поверить мне на слово, что познакомившись со всеми вышеописанными этапами, можно было бы получить правильное представление о том, для чего же это фактически делалось.

Мы предлагаем любому желающему исходить из наличия всех указанных розничных рынков сбыта с учетом цифровых данных, характеризующих поставки, которые предусматриваются в этом случае. Начинать следует именно таким образом, поскольку это является единственным имеющимся у нас фактическим материалом.

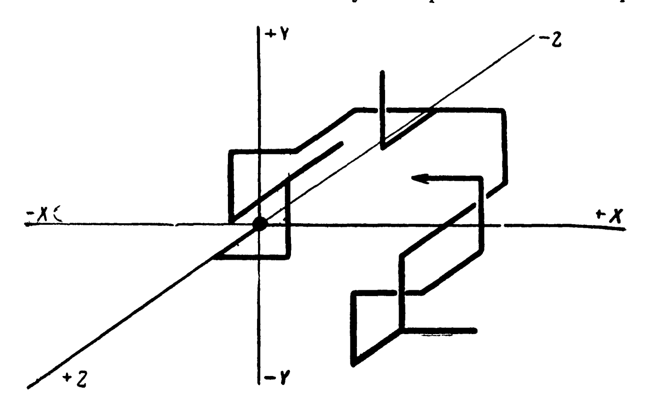


Рис. 36. Процесс «случайного блуждания» в трех измерениях, имитируемый с помощью случайных чисел, генерируемых вычислительной машиной. После каждого шага вычислительная машина производит выбор следующего шага ($+x$, $-x$, $+y$ и т. д.) случайным образом. Реализуя этот способ на вычислительной машине, можно провести исследование возможных последовательностей шагов для весьма сложных ситуаций.

Однако каждый полагается на соответствующую карту, составленную благодаря изобретательности, а не знанию фактического местоположения. Первая особенность этой специфической карты — это то, что она останавливает внимание человека на предприятии, прежде чем он обнаруживает склад. Проявляемые в этом ограничения налагаются логикой структурной модели. Вторая особенность заключается в том, что каждое лицо сталкивается с необходимостью организации перевозок только по маршрутам, установленным для движения транспорта, как это определено в топографической модели. Скорости передвижения транспорта могут быть установлены исходя из эконометрической модели. В конце концов окажется, что необходимо пододвинуть холмы и опустить долины, которые совершенно неизвестны.

Эта масса характеристик территории не является вообще-то характеристиками округи, с которой это лицо знакомо. Они берут-

ся из эконометрической модели. Вес любого пункта задается стоимостью, связанной с использованием этого пункта для распределения. Поэтому объект, рассматриваемый каждым лицом, участвующим в проведении этого эксперимента, должен будет переместиться в направлении склада, а после этого — куда-нибудь еще (возможно, на торговую базу или на субсидируемый завод, или в направлении предприятия) при условии соблюдения правила, указывающего, что в правильно подобранном месте должна быть наименьшая стоимость.

До сих пор все шло хорошо. Тем не менее если вы поставите себя на место одного из лиц, участвующих в проведении исследования, то быстро столкнетесь с трудностями. В процессе поиска пункта с наименьшей стоимостью вам приходится передвигаться по территории с встречающимися на ней холмами и долинами, однако тем же самым занимаются и ваши многочисленные коллеги. Напомним, что они являются исследователями, отправляющимися в путь из другого пункта розничной продажи. И конечно, когда ваши коллеги по такому мероприятию осуществляют поиск, это наверняка повлияет на стоимости, связанные с вашим поиском. Поэтому контуры вашей территории изменятся, когда вы будете следовать по ней, и вам не удастся увидеть ее границы. Ведь вы не знаете, каким образом территория может измениться в течение последующих нескольких минут, поскольку неизвестно, на чем остановятся другие исследователи. Таким образом, возникающая перед вами проблема заключается в том, чтобы отыскать пункт, характеризующийся наименьшей стоимостью в условиях изменения местоположения обследуемой территории при наличии высокой степени неопределенности.

Проводя этот эксперимент, можно придерживаться простой стратегии. Вы должны находиться в равных условиях с окружающими, и вы чувствуете себя в неравных условиях до тех пор, пока осуществляете поиск пункта, характеризующегося меньшей стоимостью по сравнению со стоимостью того пункта, в котором вы находитесь. После этого вы перемещаетесь в этот пункт, и процесс повторяется. Тогда, руководствуясь изложенной стратегией и несмотря на изменение местоположения обследуемой территории, все исследователи в результате найдут, что каждый из них достиг пункта, находящегося в соответствующей зоне и характеризующегося наименьшей стоимостью. Совокупность этих пунктов и образует правильный ответ в решении проблемы управления. Количество товарных баз, складов, предприятий и всего необходимого также будет указано, поскольку некоторые будут настаивать на выборе одного и того же пункта. Это произойдет в том случае, если несколько рынков сбыта придется обслуживать продукцией, получаемой с одного и того же склада или предприятия.

Так как же производить моделирование? Вы можете подумать, что задача проведения вычислений является слишком громоздкой и что всегда потребуется слишком много времени для получения практического результата. Поэтому считаем своим долгом напомнить вам о быстродействии современных вычислительных машин. При проведении данного эксперимента с поиском люди фактически не используются: задачу удалось решить на одной из крупнейших вычислительных машин мира в течение одного дня. В процессе исследований результат был получен после проведения семидесяти экспериментов. При выполнении каждого из этих семидесяти экспе-

риментов количество вычислений, проводимых по всем трем моделям в иерархии (каждая модель налагает определенные обязательства и акцентирует внимание окружающих на следующей модели в иерархической структуре), должно составлять колоссальную величину. Оказалось, что при выполнении экспериментов потребовалось проведение примерно четверти миллиона вычислений.

В результате проведения работы с иерархией моделей администрация обосновывает, каким образом должно быть размещено не только одно предприятие, а все производственное оборудование, и также, как необходимо осуществить распределение с учетом торговой сети. Исследование показало, что нужно отказаться и от существующего и от нового оборудования и что при разработке новейшего оборудования нужно учитывать предполагаемую стоимость и возможные потери. В связи с этим речь идет о новом механизме распределения. Предполагается строительство нового предприятия и указывается его местоположение — вот вопрос, который надлежит решить в первую очередь. Но в то же время была достигнута значительная экономия, обусловленная использованием новой производственной технологии, вместо увеличения издержек распределения.

В конце Второй мировой войны, когда первые операционные исследования начали проводиться в военной и промышленной областях, их назначение было определено следующими простыми словами: нахождение количественной основы для принятия решения. Мы сознательно опустили данное определение, поскольку многие полагали, что речь идет просто о подборе фактов. Подбор фактов действительно предполагается, однако неправильно, когда говорят «просто» о подборе.

Глава шестая

ЖИЗНЕСПОСОБНЫЙ РЕГУЛЯТОР

Вниманию читателя уже были предложены некоторые способы, используя которые современная наука оказалась в состоянии помочь руководителю в формулировании стратегий и принятии решений. Однако, как было отмечено в самом начале, задача руководителя не ограничивается теми эффектными моментами, когда он занимается решением какой-либо одной из этих двух задач. Намного более важной является присущая организатору функция управления.

К функции управления может быть отнесено многое из того, что уже было сказано, однако пришло время рассмотреть все это более основательно. Это не означает, как предполагается многими, что нужно начинать изучать отчетность и экономику предприятия. Однако будет допущена большая ошибка, если полагать, что управление финансовой деятельностью и руководство людьми ослабляют функции управления, возложенные на администрацию.

Что имеется в виду, когда говорят, что система находится «в состоянии управления»? В этом случае можно сделать несколько важных замечаний. Во-первых, выпуск продукции системы (или

выпуск той продукции, которая представляет для нас определенный интерес) поддерживается на постоянном уровне. Мы стремимся проследить за этим на практике, наблюдая, что происходит с

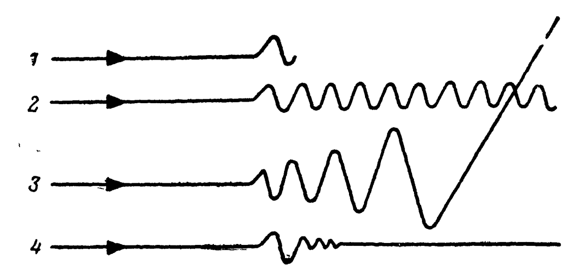


Рис. 37. Возмущение *1* может иметь различные последствия в зависимости от характера системы Система может работать в режиме непрерывных колебаний — *2*. Колебания могут возрастать до тех пор, пока система не разрушится — *3*. Колебания могут исчезнуть — *4*.

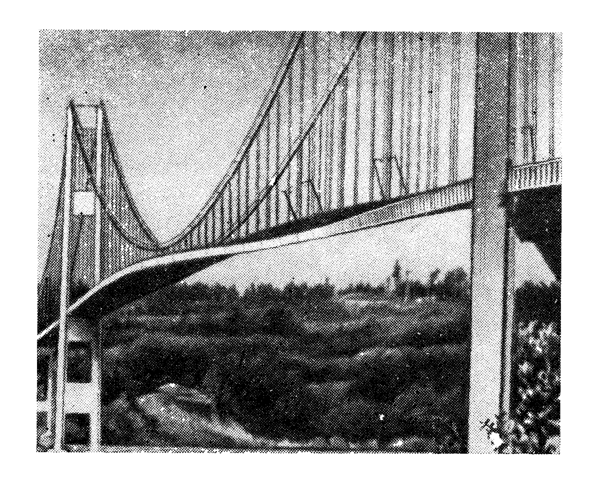


Рис. 38. Нестабильность в механической системе. Узкий мост в Такоме оказался нестабильным при определенных условиях воздействия ветра, и колебания, которые увеличивались по амплитуде и в конце концов разрушили систему.

выработкой продукции, если при обычном функционировании на систему воздействуют какие-то возмущения. Неизбежно наблюдается также изменение уровня выпуска продукции; однако если система находится в состоянии управления, то колебания прекращаются. «Пребывание в состоянии управления» в этом смысле

можно определить наилучшим образом, используя термин стабильность. Если система нестабильна, то воздействие возмущения приводит равномерно функционирующую систему к очень сильным колебаниям в выработке продукции, которые могут стать еще более интенсивными, после того как причина возмущения будет устранена.

Во-вторых, мы хотим создать такие системы, которые управляемы по принципу использования этого вида стабильности, не вызывая необходимости принимать с нашей стороны исключительные или панические меры для достижения результата. Постоянное наблюдение и вмешательство не должны быть обязательными.

В технической системе достаточно легко проверить наличие этих двух свойств, однако не так легко обнаружить их в промышленной, социологической или экономической системе.

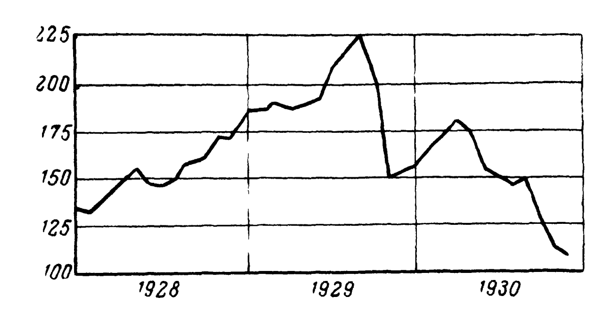


Рис. 39. Нестабильность в экономической системе характеризуется показаниями, зарегистрированными на Нью-Йоркской фондовой бирже в течение 1927—1930 гг. Заметим, что последний спад характеристики предшествовал периодам увеличивающейся нестабильности.

И, в-третьих, мы стремимся решить, находится ли такая система в состоянии управления путем оценки ее внутренней связности, «сглаженности» в ее работе, что тоже является субъективным критерием.

Поэтому отсюда видна важность определения путей разумного выражения сущности управления в больших системах. Это является функцией кибернетики — науки, с общим характером которой мы уже познакомились несколько ранее. Однако поскольку модель этой науки рассматривалась в гл. 3, то теперь следовало бы поразмыслить о более важном предмете Так как кибернетика является наукой управления и администрирование может рассматриваться как профессия людей, занимающихся вопросами управления, то должен существовать предмет, который назывался бы административной кибернетикой, и он действительно существует. Здесь предметом изучения является деятельность, связанная с приложением основ кибернетики к области управления при администрировании.

СКРЫТОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Во всех книгах, посвященных саморегулирующим системам, изложение материала начинается с проведения формального анализа путем описания центробежного регулятора Уатта. Это — первый и весьма наглядный пример саморегулирующего устройства. Кроме того, хотелось бы высказать наиболее важную точку зрения на это устройство, которая могла вам ранее не встретиться. Это важно прежде всего для проверки вашего понимания принципа работы регулятора.

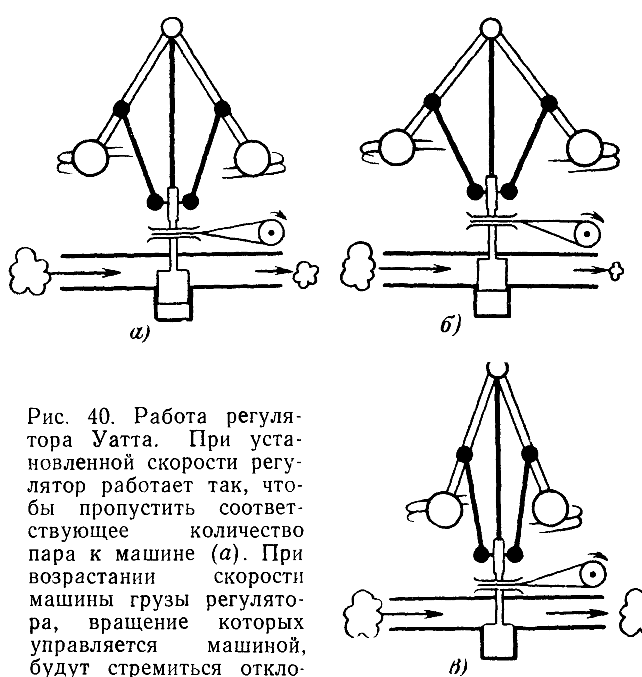


Рис. 40. Работа регулятора Уатта. При установленной скорости регулятор работает так, чтобы пропустить соответствующее количество пара к машине (*а*). При возрастании скорости машины грузы регулятора, вращение которых управляется машиной, будут стремиться отклониться от вала регулятора, уменьшая количество поступающего пара (*б*). Если же машина замедляет движение, то воздействие грузов приведет к увеличению количества поступающего пара и восстановлению нормальной скорости (*в*)

Если центробежный маятник вращается слишком быстро, то шарики отклоняются в стороны под воздействием увеличившейся центробежной силы. Следствием этого является выход клапана из гнезда, что приводит к уменьшению подачи пара в машину и обеспечивает вращение маятника с предварительно выбранной скоростью. Если скорость вращения центробежного маятника становится ниже требуемой (возможно, из-за увеличения нагрузки), то шарики сближаются с валом регулятора, клапан открывает большее отверстие, поступает больше пара и скорость вращений центробеж-

ного маятника опять повышается. Следовательно, система регулирует сама себя и по указанной выше причине выход системы оказывается, как говорят, «застабилизированным».

Особенность, которую нам хочется довести до вашего сознания, заключается в следующем. Регулируемость при работе машины является неявной. Разрешите привести самый характерный пример, чтобы объяснить, что же подразумевается под вышесказанным. Рассмотрим тюрьму. Это — замкнутая система, содержащая большое количество параметров, называемых заключенными. Что представляет собой выход этой системы? Оказывается, данная система характеризуется отсутствием выхода. Предполагается, что заключенные содержатся внутри тюрьмы. Если один из параметров ис-

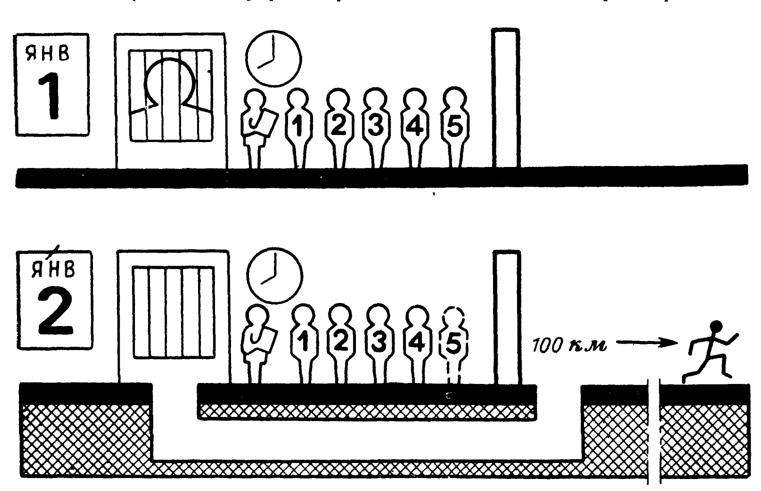


Рис. 41. Проблема управления производством или личностью с использованием периодического, а не непрерывного контроля заключается в том, что «параметры» должны стать сильно неуправляемыми, прежде чем обнаруживается расхождение.

чезает, то система выходит из состояния управления. Предположим, что в процессе наблюдения за этой системой какой-либо заключенный устраивает побег. Через некоторое время будет производиться перекличка, во время которой его исчезновение наверняка обнаружат, и тогда мы наблюдаем систему, в которой все звонят в колокола, отправляют группы поиска и говорят о необходимости принять самые разнообразные меры, чтобы «возвратить» параметр опять в контур управления. Определенно, такую систему можно считать саморегулирующей в некотором смысле.

Случается, что эта тюрьма, наподобие парового двигателя, управляется с помощью Начальника. Его метод управления предполагает проверку всех параметров от случая к случаю с тем, чтобы посмотреть, все ли они являются управляемыми. Если система контроля вдруг позволит обнаружить, что один из них стал неуправляемым, возникает целая последовательность событий, благодаря которым лицо, устроившее побег, может (или не может) быть

возвращено обратно Интересная вещь заключается в том, что эта система управления не может функционировать — она может быть расстроена Управление может быть нарушено, поскольку системе присущи определенные слабости, в частности запаздывания с последовательными проверками заключенных. Так, например, начальник тюрьмы может обедать со своими гостями, в то время как его подопечные прорывают туннель под тюремными стенами для организации своего побега.

В противоположность этому центробежный регулятор пара не «задерживается» с отдельными проверками, он также не способствует возникновению последовательности событий, любое из числа которых может развиваться неправильным путем, и не служит источником задержек во времени, благодаря которым исчезающие параметры могут получать преимущество. Он является скрытым регулятором Параметры возвращаются в систему и становятся управляемыми в момент появления и под воздействием выходов из состояния управления. Это напоминает ситуацию, как если бы каждый заключенный был прикован к тюрьме с помощью невидимой резинки, которая вталкивала бы его обратно в свою камеру независимо от того, видел ли кто-нибудь, как он ее покидал, или же нет; работала ли система оповещения или же нет; отыскивала ли его тюремная охрана или же нет.

Существует определенное различие между саморегулирующей системой, которая находится в состоянии ожидания и правильно реагирует на прилагаемые воздействия, обеспечивая нормальное функционирование, и саморегулирующей системой, которая не может функционировать неправильно. Мы опасаемся, что администрация почти всегда придерживается первой схемы, в то время как она должна была бы руководствоваться второй. Вспомните блестящий принцип. «Управление путем исключения». Он говорит о том, что все, происходящее в области управления, должно сравниваться с какой-то нормой. Внимание управленческого персонала привлекают только те события, которые являются исключениями из обычного правила. Вот каким представляется путь, с которым связывается попытка выразить потребность в использовании принципа скрытого управления. Смысл этого заключается в том, что параметр, ставший нерегулируемым, сам известит об этом, а не придется ждать до тех пор, пока предусматриваемый в ходе управления контроль установит данный факт. Однако это еще не все.

Успех регуляторов, или скрытых контроллеров (управляющих устройств), зависит от двух существенных особенностей Первая из них — это непрерывное и автоматическое сравнивание некоторых характеристик поведения системы с принятыми стандартами. Вторая — непрерывно и автоматически осуществляемая корректирующая обратная связь. Администрации наверняка известны обе особенности, и она старается их использовать.

Давайте познакомимся с системой управления производством, зависящей от загрузки машин Это не совсем уж такая специальная тема для разговора, как может показаться на первый взгляд. Дело состоит в том, что большое значение придается равномерному выпуску продукции заводом, поскольку наличие такого опыта позволяет определить наиболее характерные особенности рабочей политики предприятия. Предложения, сделанные потребителям, будут зависеть от мнений относительно цены и срока поставки, и фактически потребители решат, реализовывать все предложения в

полном объеме или же нет. Изменение стоимости будет определяться, например, временем, выделяемым для выполнения на предприятии машинных работ. Удовлетворенность потребителя с точки зрения цены и сроков поставки также будет играть определенную роль. И так далее. Почему мы говорим о «мнениях»? Наверняка ли время и стоимость, отводимые на производство продукции, поддаются объективному измерению и наверняка ли — даже если эти измерения иногда проводятся ошибочно — они представляют собой все же измерения, а не мнения? К сожалению, нет.

Вы можете вспомнить, как в гл. 2 мы обсуждали «разнообразие» системы, которая должна быть управляема. Мы пришли к тому, что руководитель, следящий за ходом десяти процессов, должен рассмотреть десять миллионов производственных планов. В действительности разнообразие любой системы управления про-

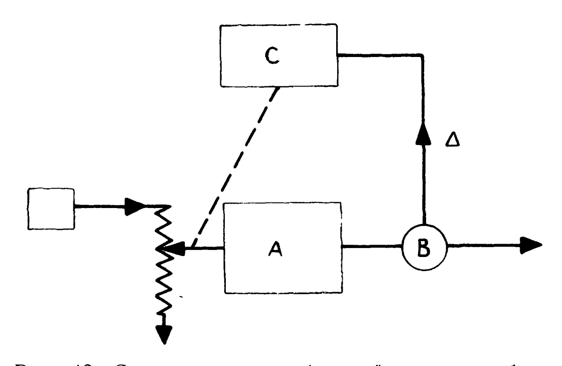


Рис 42. Схема контура обратной связи в общем виде. Сигнал, получающийся на выходе блока *A*, сравнивается с необходимым уровнем в точке *B*; разностный сигнал Δ подается на вход блока *C*, который воздействует на вход блока *A* таким образом, чтобы выполнялось условие $\Delta = 0$, что обеспечивает колебания выходного сигнала в заданных пределах.

изводством, взятой из реальной жизни, гораздо больше, чтобы это допускало проведение детального объективного количественного анализа всех возможных состояний, которые могли бы иметь место. Что можно сделать, даже на заводе, производственный цикл которого полностью отхронометрирован, так это сгруппировать возможности, усреднить полученные результаты в пределах таких групп и заполнить бланки «предположительными оценками». И даже несмотря на то, что мы занимаемся исследованием этой способности предвидеть с привлечением числовых характеристик, ситуация незаметно изменяется. В соответствии с одним из ключевых законов кибернетики, который был также обсужден несколько ранее в данной работе, разнообразие форм существования управляющей системы должно быть по меньшей мере так же велико, как и разнообразие возникающих при управлении ситуаций, и это требование, вероятно, не может быть выполнено. Оно может встретиться в ситуации массового производства, однако, если производ-

ственные возможности расширяются, его удовлетворение становится все менее возможным. Для типичного действующего предприятия постановка задачи представляется не имеющей смысла.

Вот почему «управление путем исключения» фактически не выполняет своего обещания. Оно основывается на правильной идее, однако практически становится невозможным обнаружить, что же является на самом деле исключением до тех пор, пока не становится слишком поздно. Если исключение все же обнаруживается после проведения длительного изучения, то результаты исследования должны быть опубликованы, с тем чтобы избежать подобных повторений где-нибудь еще. Так, с трудом добытая информация оказывается не использованной.

ЧТО ДОЛЖНО БЫТЬ УПРАВЛЯЕМЫМ

Путь использования административной кибернетики и принципа внутреннего управления в описанной ситуации представляется следующим. Нецелесообразно предпринимать попытки измерять характеристики параметров каждого механизма и каждой работы, а также машинной работы. Вместо этого необходим какой-либо еще более простой показатель, например количество выпускаемой продукции системы, уровень производства которой предполагается сохранить постоянным. При таком подходе открывается возможность рассмотрения различных вариантов. Под статистикой, которая часто может быть с успехом использована, понимается соотношение запланированного и фактически располагаемого времени, которое представляет собой число, характеризующее каждый вид работ независимо от использованных машин или типа продукции. Поэтому разнообразие сразу уменьшается. Более того, оказывается, что производство, оцениваемое с помощью подобных характеристик, является более однородным. Статистический анализ совокупности коэффициентов представляет собой простое и полезное управление.

Теперь, если в системе регистрации работ предусмотрено автоматическое вычисление соответствующего коэффициента, то полученная величина может быть сравнима со стандартным значением коэффициента, известным для группы продукции, изготовляемой при данном виде работ. Таким путем удовлетворяется первое условие принципа регулирования, когда требуется сказать, будет ли производиться непрерывное и автоматическое сравнение между тем, что есть и что должно бы быть на самом деле. Во-вторых, только ближайшее предсказание, сделанное в этой группе продукции, может быть взвешено с помощью коэффициента, который измеряет статистическую значимость рассогласования между мерой и нормой. И тогда второе условие также удовлетворяется, поскольку осуществляется непрерывная и автоматическая обратная связь, как и требовалось.

Необходимо более подробно изложить запутанный метод. В противном случае овладеть им невозможно. Однако данная книга не является учебником. Дело заключается в том, что нужно понять принципы, применяя которые администрация может добиваться новых успехов, и проиллюстрировать эти принципы на практических примерах. Подход к управлению производством, описанный здесь в краткой форме, наверняка является действенным;

более того, метод был также использован, и с успехом, в других случаях (например, при регулировании стоимости)

Но обратимся к системам более тонкого характера, чем производственные, т. е. к таким системам, в которых бо́льшая часть параметров не поддается измерению или не может быть даже с чем-либо отождествлена Здесь следует обобщить размышления о кибернетике, с тем чтобы можно было оценить гораздо более сложные ситуации Существует, например, транспортная сеть, система госпиталей и др. Каким образом действуют в этих случаях и что тогда происходит с принципом регулирования, а также с особенностями сравнения и обратной связи?

Мы вынуждены опять отослать вас к предыдущей главе и к тому случаю, когда рассмотрение иерархии моделей начинается с изучения простой экологической ситуации. Администрации следует изучить многое из области кибернетики и экологии по той причине, что на данном этапе чтения книги существует настоятельная необходимость в немедленном привлечении этих наук. Ведь регулирование живых систем — систем, взаимодействующих с животным миром, производится внутренним путем. Они являются жизнедеятельными регуляторами.

Обычно мы пытаемся управлять разнообразными ситуациями путем разделения их на подсистемы, способные учесть разнообразие, предполагаемое в ситуации. Этот способ, однако, не является ни единственным, ни экономически наиболее оправданным подходом к решению задачи. Очевидно природа не сможет помочь нам в разрешении проблемы, подсказав это-либо определенное.

В соответствии с замечаниями, рассмотренными в начале этой главы, природа находится «в состоянии управления». Известно, например, что вокруг нас существуют мириады насекомых и небольших животных и все они размножаются с фантастическими скоростями. И несмотря на это мы никогда не пытаемся задать себе вопрос, как получается, что мы не тонем в море гусениц, убиваемых лягушками или птицами. На этот вопрос не так уж легко ответить, хотя каждому полностью ясен основной принцип, используемый природой — принцип, в соответствии с которым все живое стремится поедать друг друга. Если мыслить строго с позиций науки управления, то действительно фантастично, как вся система функционирует. Действительно, в тех немногих случаях, когда кое-что идет не совсем правильно, нас это скорее раздражает, чем удивляет; мы объясняем, что имеют место неприятности от муравьев или что какая-то болезнь растений погубила наши розы. Тем не менее, эти редкие исключения должны убеждать нас в фантастической действительности системы управления в природе.

А ведь в экологической системе управления нет руководителей, нет управляющих систем, нет управляющих подсистем, нет бюрократии и нет бумажной работы. Вместо этого там имеет место внутреннее регулирование. Животный мир, характеризующийся тенденцией к размножению, испытывает недостаток в пище, и интенсивность размножения падает. Это опять-таки регулятор пара Уатта, но с интересным отличием. Здесь налицо колоссальная сеть взаимодействующих регуляторов. Сеть настолько усложнена, что экологи редко согласятся с чьим-либо отождествлением, кроме своего собственного. Вместо этого они рассуждают о строении пищи и смотрят на существующую сложность системы как на основную стабилизирующую особенность. В связи с этим мы считаем,

что нет ни одной обратной связи, нет ни одного существующего контура управления, от которых не зависела бы вся система. И именно благодаря этому вся деятельность является отличной моделью самой деятельности.

ГОМЕОСТАЗ И СВЕРХСТАБИЛЬНОСТЬ

Саморегулирующие свойства системы такой, как вышеописанная, были раскрыты кибернетиком Р. Эшби. Такое саморегулирование носит название *гомеостаза.* В этом случае управление по-прежнему зависит от обратной связи, благодаря чему некоторая функция, реализуемая на выходе одной подсистемы, становится частью ввода в другую подсистему. В действительности должно иметь место сильное взаимодействие между каждой из подсистем и большей частью всех остальных. Используя математику, можно описать функционирование всего комплекса; однако что касается нас, то в данном случае целесообразно обратить внимание на два специфических свойства.

Прежде всего, чем на самом деле характеризуется явление гомеостаза? В качестве ответа можно указать на то, что в случае гомеостаза осуществляется обработка критических параметров системы, стабильной в физиологических пределах. Это должно означать, что пределы изменений оказываются постоянными благодаря способности всего организма функционировать удовлетворительным образом в этих рамках. Физиологические пределы не устанавливаются произвольным путем извне, они порождаются изнутри.

Например, классическим случаем гомеостаза является управление температурой крови. Как вам известно, внешние условия могут изменяться настолько резко, что человек из области низких температур попадает в область высоких температур, которые существуют, например, вблизи сталеплавильных печей. Тщательно устроенный механизм человеческого тела отрегулирует температуру этого тела всегда таким образом, что она не превысит нормальной (до 37° С). Почему же речь идет о температуре в 37°? Здесь отсутствует какая-либо определенность, поскольку некоторые авторитеты утверждают, что это происходит потому, что организм сам распознает собственную оптимальную рабочую температуру. По аналогии с этим физиологический предел является тем пределом, который распознает сама система, когда опасность усиливается.

Следовательно, температура 37° С — это не более чем мера «центральности» между верхним и нижним физиологическими пределами. Если вам показалось в последних нескольких параграфах, что необходимо отойти от объекта управления, то очевидно теперь ясно, почему это так важно. Мы говорили, что ситуации реальной жизни, возникающие при управлении, настолько усложнены, что невозможно ни признать, ни назначить необходимую норму выработки продукции системы, ни определить значения, к которым эта выработка должна приближаться. Очевидно, что каждый руководитель хотел бы иметь саморегулирующую систему, которая скрытым образом обеспечивала бы собственную стабильность.

Другая точка зрения на явление гомеостаза, которую хотелось бы высказать, заключается в том, что гомеостазу свойствен особенно ценный вид устойчивости, известный как сверхстабильность Это — точно определенное математическое понятие, тем не менее следовало бы попытаться пояснить его сущность словами.

Вы помните, что понятие стабильности пояснялось с точки зрения воздействия возмущений, приложенных к системе Если равномерно функционирующая система подвергается воздействию возмущений, то возмущение передается также и на выход. В стабильной системе все последствия возмущений быстро восстанавливаются путем гашения возникших колебаний. Однако когда рассматривался вопрос просто о регуляторах с обратной связью, то конечно предполагалось, что вид возмущения, о котором придется говорить, известен. Каждый в состоянии сконструировать некую следящую систему, которая напоминала бы регулятор Уатта, чтобы иметь дело с возмущениями, возникающими при ограниченном количестве известных заданных входных сигналов. Очень часто управляющей системе приходится функционировать в условиях возникновения возмущений иного вида, чем те, на существование которых она была рассчитана

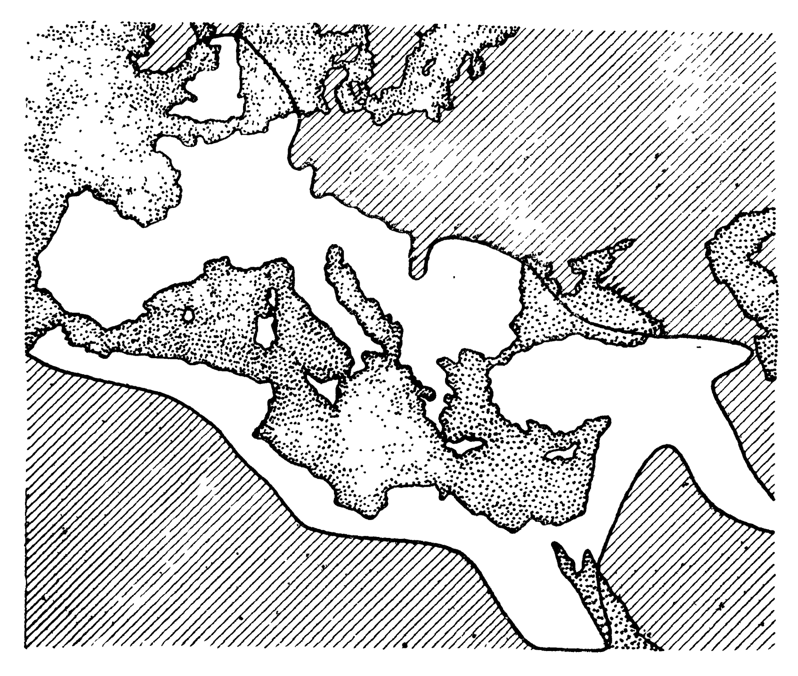


Рис. 43. Римская Империя в разгар своего величия. Ее успех объясняется частично широким использованием римскими завоевателями местных гомеостатических механизмов.

Тем не менее, в крупных управленческих системах все происходит так, что системы работают в «колебательном» режиме под воздействием возмущений самого различного рода, так что невозможно что-либо понять, если приходится размышлять о множестве вариантов управления при администрировании Поэтому мы будем

пытаться возвратить систему в состояние равновесия после возникновения возмущения по любой причине, даже если причина до настоящего времени полностью не изучена. Что же тогда понимается под сверхстабильностью? Оказывается, способность системы возвращаться в состояние равновесия после воздействия возмущений различного рода, в том числе и таких, которых не имел в виду разработчик системы. Тем самым мы убеждаемся в том, что этот вид регулирования представляет собой наибольший интерес для администрации.

Однако требования, которые должны удовлетворяться, чтобы обеспечить существование гомеостаза, носят ограниченный характер. Если возвратиться к примеру с температурой тела, то ясно, что если посадить нашего субъекта в рефрижератор на неделю или отправить в печь, он не останется в живых. Короче говоря, существует определенный порог возмущений, за пределами которого система теряет естественные свойства и фактически даже перестает существовать. Нечто аналогичное имеют в виду, когда говорят, что даже регулятор Уатта не станет работать, если пара нет или он уходит в сторону. Однако эти ограничивающие ситуации не лишают гомеостатические системы важности и значения. Они достигают сверхстабильности в физиологических пределах для диапазона поведения в условиях существования окружающей среды.

Теперь попытаемся понять, каким же образом работает в действительности удивительный механизм. Предлагаемый пример искусственно упрощен, так что это не более чем незначительное развитие экологического взаимодействия, с которым мы уже знакомились

НОВАЯ МОДЕЛЬ

Здесь представлен новый вариант старой схемы, изображающей взаимодействие организма и окружающей среды. Мы размышляли об этом в гл. 5, понимая под элементами схемы предприятие и рынок для сбыта товаров. Блоки, соответствующие этим двум элементам, были тогда пустыми, поскольку о них не было ничего известно. Теперь же они заполняются точками. Это настолько необычно при нашем способе составления блок-схем в данной книге, что рекомендуем вам поскорее тщательно разобраться, что же это значит. Каждая точка соответствует возможному состоянию предприятия или рынка. Конечно, существует много миллионов точек, но никакое предприятие или рынок не может быть представлено более чем одной из них в любой заданный момент времени. Основываясь на подобных рассуждениях, можно замкнуть контур, который охватывал бы всю систему, предусматривая проведение траектории от входа к выходу в каждой подсистеме. Такая траектория изображена в виде штриховой линии. Ее можно рассматривать просто как способ указания точки, которая соответствует состоянию дел «в данный момент».

Очевидно, что некоторые состояния являются более предпочтительными по сравнению с другими. В конце концов существование целой совокупности возможных состояний в силу определенных сложившихся обстоятельств могло бы привести предприятие к краху. В противоположность этому совокупность других состояний может повлечь за собой получение высокой прибыли. Тогда давайте выберем наиболее предпочтительные точки и обведем их кружком.

Теперь вполне очевидно, что нам нобходимо знать траекторию управления, наличие которой позволяло бы осуществлять выбор соответствующей точки из числа находящихся в кружке, а не вне его. Если этот аргумент можно применить к предприятию, то в равной мере он также может быть отнесен и к рынку. Например, в какой-то момент времени для предприятия может оказаться выгодным производство в большом объеме продукции низкого качества. Тогда траектория управления показала бы удовлетворительное состояние дел в левой части блок-схемы. Однако появление низкокачественной продукции для продажи вызвало бы на рынке нежелательную реакцию, а это означает, что вторая траектория могла бы показать точку, которая не принадлежит к предпочти-

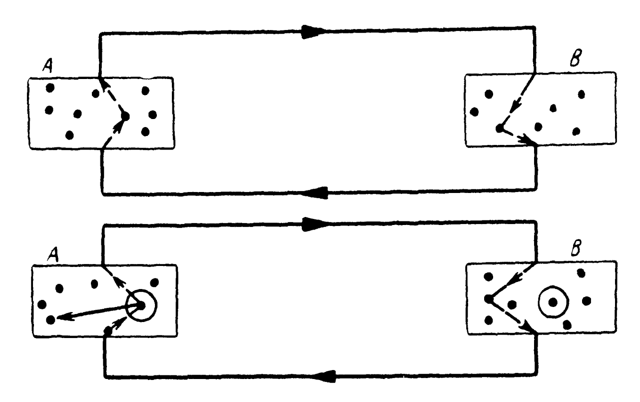


Рис. 44. Каждая точка соответствует возможному состоянию всего предприятия *А* и рынка *В*. Если рынок под воздействием предприятий попадает в затруднительное положение (оказывается вне пределов окружности), то по цепи обратной связи от рынка к предприятию поступает соответствующий сигнал.

тельной совокупности состояний рынка. Аргумент является симметричным, так как было бы бесполезным следить за траекторией управления рынком путем производства, например, наилучшей продукции с последующей ее продажей по меньшей цене, поскольку это быстро могло бы привести к выходу траектории управления из соответствующего круга предпочтительных благоприятных возможных состояний. Теперь можно видеть, каким образом функционирует система. Предприятие начинает заниматься деятельностью, которая удовлетворяет ее собственным критериям успеха. Это приводит к передаче сообщения в самом верхнем контуре и воздействует таким образом, что вызывает изменение траектории управления рынком. Изменение распространяется на нижний контур, изменяя состояние дел на предприятии. Гомеостатическое равновесие достигается в том случае, когда то, что происходит в каждой подсистеме, приводит в соответствующую точку другой системы, выбираемую из предпочтительной совокупности ее состояний. В этом случае ни от кого не требуется развивать какую-либо деятельность

Система продолжает благополучно функционировать. Это в точности похоже на условие «сглаженности», которое рассматривалось нами много ранее.

Однако если происходит что-то, изменяющее траекторию в одном из блоков, так что соответствующая точка оказывается за пределами круга, то под воздействием регуляторов система будет стремиться возвратить ее обратно. Это приведет к изменению в сообщениях, поступающих в другую подсистему, и может заставить соответствующую точку уже этой подсистемы перейти в опасную зону. Тогда вся система переходит в колебательный режим и находится в нем до тех пор, пока обе точки, а не какая-либо одна из них возвратятся в круг предпочтительных решений. Эшби назвал эту часть механизма «самозапрещающей». Каждый раз одна из подсистем достигает успеха, она посылает имеющее определенный смысл сообщение другой подсистеме, как бы говоря при этом: «У меня все в порядке». Если вторая подсистема не удовлетворяется этим поступающим входным сигналом, то она запрещает это состояние дела репликой: «У тебя, может быть, и все в порядке, но у меня — нет. Делай — что-нибудь еще».

Мы сообщили о магической теореме сверхстабильности, которая говорит, что возможна разработка таких систем, которые окажутся стабильными при воздействии любого возмущения. Как всегда получается со всякой магией, это кажется настолько легким, что иногда вам сразу же становится понятным, каким образом проделывается фокус. Поэтому смотрите, что получается. Это саморегулятор распознает исходы возмущения, а не его природу, и начинает действовать без отбрасывания незнакомых случаев во избежание нежелательных последствий, Поэтому если мы подталкиваем систему некоторым вообще-то неожиданным способом, то ответная ее реакция выразится в поиске нового состояния равновесия с последующим возвратом к «гладкому» поведению.

Вполне понятно, что такая трактовка, являясь слишком уж упрощенной, может показаться неравнозначной моделью ситуации управления усложненного вида, с которой вообще-то придется встретиться. В действительности, модель должна разрабатываться гораздо более тщательно, чтобы ею можно было воспользоваться. Весь ужас заключается в том, что никто не может изобразить динамику развития процесса в такой мере, в какой это необходимо, пользуясь только лишь одними блок-схемами, и поэтому нельзя приступать к математической обработке. Вы можете также сообразить, что устное описание системы, состоящей, скажем, из тридцати (вместо двух) последовательно взаимодействующих друг с другом подсистем при наличии нескольких (а не одной) областей устойчивости, было бы невозможно изобразить либо следовать ему. Тем не менее, используемые нами кибернетические модели представляют собой составные полистабильные гомеостаты.

Теперь мы подошли к этапу, когда администрация должна распознавать вид кибернетического механизма, который заложен в основу стандартного способа работы. Связанные с этим вопросы необходимо изложить совершенно четко с тем, чтобы специалист, занимающийся вопросами управления, не пытался подрывать доверие к новым открытиям о сущности производства. Он знает очень хорошо, что администрация понимает свою задачу. Это повторяет размышления, изложенные в гл. 1, но это повторение заслуживает внимания. Все, что мы пытаемся делать, это обеспечить проведение

строгих расчетов по интересующим руководителя вопросам, с тем чтобы его проблемы могли быть определены в количественном отношении и ответы можно было бы получить расчетным, а не интуитивным путем. С этих позиций давайте рассмотрим следующий пример.

Ежегодные бюджетные ассигнования, выделяемые прдприятием на изучение своего рынка, представляют собой совершенно произвольно назначаемую сумму денег. Ее следует разделить (опять же некоторым случайным образом) с учетом различных функций торговли: рекламирования продукции, распределения товаров, их упаковки, исследования рынка исследования продукции и т. д. В случае крупной организации необходимость реализации каждой из этих функций может потребовать собственной структуры и организации управления и образования самостоятельного направления деятельности. Это несомненно означает, что в отдельных отраслях собственной организации торговли имеет место гомеостатическое взаимодействие!

Однако на этом процесс произвольного деления бюджетных ассигнований не заканчивается. В процессе организации рекламы, например, должно быть предусмотрено дальнейшее выделение соответствующих сумм денег на такие массовые средства информации, как пресса, телевидение, рекламные щиты и т. д. Возьмем любое из них. При рекламировании через прессу, например, возникнет необходимость в принятии решения относительно тех соотношений, в которых денежные суммы следовало бы разделить между газетами и журналами, а также относительно выделения разумных сумм на оплату рекламного объявления, печатаемого размером в полный лист, половину или четверть листа. В случае телевидения нужно будет принять решение о выборе разумной частоты показа рекламных объявлений. И все то, что приложимо к области рекламы, также приложимо и ко всем другим областям.

Нарисованная картина знакома главным образом торговым работникам. Точно также аналогичная картина производства окажется известной работникам промышленности. И действительно, картина является одинаковой во всех областях управления торговой, промышленной и правительственной деятельностью; везде имеет место разделение функций, разделение штата служащих, разделение денег. И процесс разделения денежных средств является таким процессом, который продолжается вниз, начиная от единственной точки, соответствующей всей сумме ассигнований, проходит через очень большое количество этапов и доходит до громадного разнообразия отдельных программ.

Теперь каждая из этих ветвей пытается получить ответы на вопросы, возникающие при попытках решения своих проблем. Большинство их них склонны допустить чрезвычайно широкое использование научных методов того или иного рода, особенно методов прогнозирования, например. Но что необходимо сказать о самой большой стратегии? Большинство торговых работников верят, что важнейшие решения принимаются в результате всестороннего обсуждения и с учетом делового чутья. Однако теперь приглашаем их взглянуть на вопрос с новых позиций.

Причина, почему принимаемая стратегия полагается на интуицию, довольно ясна. Никто не осведомлен в достаточной степени о детальных подробностях структуры блоков, представленных

на блок-схеме, чтобы быть в состоянии предсказать общие результаты любого изменения при любом из обсуждавшихся расходов. Мы не способны точно определить всю входную и всю выходную продукцию системы; мы наверняка не можем определить преобразования, происходящие в каждом из этих небольших блоков, а также не знаем физиологических пределов любой части системы. Мы обязательно попытаемся проделать эксперимент. Например, можно прервать публикацию рекламных объявлений определенного рода в одной части страны, осуществить публикацию этих объявлений, но уже иного рода, в другой части страны и затем попытаться отыскать различие в эффективности. Иногда проведение подобных экспериментов оказывается весьма целесообразным, и они многое дают. Правда, более часто их выполнение приводит к получению довольно туманных ответов из-за случайных помех.

В то же время использование кибернетической модели позволяет справиться со многими из этих классических трудностей. К тому же громадное преимущество, свойственное всем моделям, заключается в том, что в процессе моделирования совершенно необязательно заниматься проведением натурных экспериментов. Если полученные данные достаточны для выполнения количественной оценки (пусть даже грубой), то эксперименты со сверхстабильностью могут быть осуществлены путем привлечения методов моделирования.

Люди часто неверно ориентируют себя, считая, что проведение моделирования невозможно до тех пор, пока не будет измерена каждая деталь системы. Мы видели, почему это является в принципе неверным. Вспомните аргумент, к которому мы прибегали, когда рассматривали конусы разрешения. В данном случае целесообразно воспользоваться на практике еще раз этим аргументом, так как моделирование не требует осуществления прогнозирования с обязательным количественным определением параметров. Задача моделирования заключается в том, чтобы обеспечить возможность проведения исследования стабильности, сверхстабильности и физиологических пределов системы.

Еще раз напомним, что мы пытаемся разработать как бы способ имитации, базирующийся на использовании известных эффектов, а не специально подобранных случаев, и предполагающий определение тенденции, но не абсолютных значений параметров. Если возможно показать, что система подобного рода характеризуется тенденцией сыграть роль пресса, воздействующего на некоторую часть гомеостата, то можно придти к заключению, что система будет функционировать в колебательном режиме бесконечно долго до тех пор, пока что-либо не скорректирует это воздействие. Это совершенно отлично от высказывания, что данная стратегия приведет к увеличению числа проданных товаров на x процентов. Однако с точки зрения управления это даже более полезно, а также более честно.

Следует иметь в виду, что мы не в состоянии предсказать будущее с достаточной степенью подробности. Тем не менее, проведение довольно строгого анализа может показать, что некоторый участок системы управления упускается из рассмотрения, что некоторые из законов, приложимость которых к управлению системами этого рода доказана, являются неприменимыми в данной ситуации или что некоторые подсистемы размещаются несообразно с их воздействием на другие подсистемы.

ОБУЧЕНИЕ СИСТЕМ

Теперь давайте возвратимся к основной нити доказательств, чтобы попытаться понять последнюю и важную мысль. Несомненно мы были правы, когда думали о жизнедеятельных регуляторах для отыскания прежде всего стабильности. В конце концов, нестабильный организм должен, по всей вероятности, погибнуть или же вести себя, как безумный. Однако не делаем ли мы вид, что поступаем добровольно, оставаясь ради безопасности на том же самом месте. Что нам удалось достигнуть благодаря прогрессу, если лю-

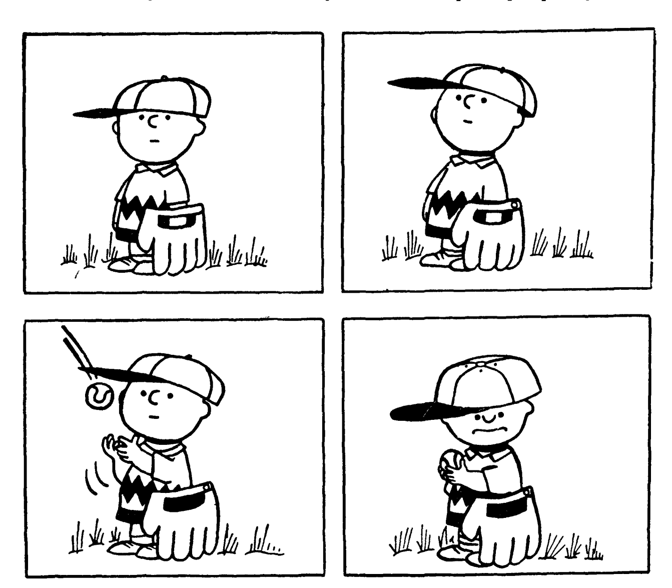


Рис. 45. Чтобы быть полезными, вычислительные машины, подобно любому другому техническому средству, должны иметь размеры, удовлетворяющие возможностям потребителя

бое отклонение от «сглаженного» режима работы приводит к необходимости проведения повторного исследования?

Ответ на этот вопрос может быть получен непосредственно из теории кибернетики, из исследования живых систем. Мы должны думать о таких системах (о наших детях, например, если не о себе самих) с тем, чтобы пытаться улучшить их функционирование на базе накопленного опыта, т. е. можно сказать, что мы надеемся их обучить. Если условия, в которых система существует, будут подвержены воздействию радикальных изменений, то можно надеяться, что система должна приспособиться (адаптироваться) к своему новому окружению. Наконец, по истечении определенного времени мы обычно находим, что система растет и развивается. Обучение и адаптация, рост и эволюция — все это присутствует

фактически в неявном виде в концепции выживания, даже если в качестве предварительного условия будет названа статическая сверхстабильность.

Фактически не представляет особого труда увидеть, каким образом жизнедеятельные регуляторы действуют в системах, в которых они должны осуществлять обучение скрытым образом. Чисто интуитивное определение обучения должно говорить, что время, необходимое на обеспечение устойчивого реагирования в ответ на воздействие некоего возбудителя, при повторном воздействии возбудителя сокращается. Теперь мы знаем, что определенная совокупность обстоятельств может привести к возникновению возмущения в гомеостатической системе, в результате чего соответствующая точка, характеризующая состояние этой системы, перескакивает на новую траекторию. Нам также известно, что функционирование гомеостата в колебательном режиме не прекратится до тех пор, пока это ненормальное поведение не будет восстановлено до нужной нормы. Учитывая тот факт, что работа подсистемы протекает в действительности под воздействием множества взаимодействующих факторов, которые включают личные качества большого количества участвующих в ней людей, неудивительно обнаружить, что путь восстановления статус-кво, определенный самой траекторией, облегчается по истечении определенного времени. Другими словами, каждый находит, что следует делать. Отдельные лица обучаются наверняка и, что гораздо более важно, обучается также вся система в целом.

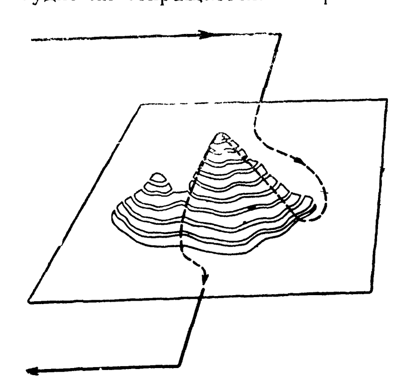


Рис 46. Каждое предприятие имеет внутренний критерий — максимизацию дохода, которому оно следует под воздействием обратной связи, идущей от рынка. Обычно проблема заключается в том, что обратная связь с рынком не позволяет воспользоваться путем, который достигает вершины «холма» доходов.

В случае какого-либо изменения в окружающей среде, в соответствии с требованиями адаптации в системе должен осуществляться фактически специальный вид обучения, а это предполагает некоторую реорганизацию самой системы. Тем не менее, конечно, основной гомеостатический механизм полностью приспособлен к разрешению этой проблемы. Для того чтобы действовать подобным образом, необходимо ввести новые совокупности предпочтительных состояний и посмотреть, каким образом новая информация регистрируется и возвращается обратно, не изученная при первоначальном объяснении.

Можно заменить простой кружок, который определяет совокупность предпочтительных состояний, некоей разновидностью контурной карты с нанесенными на ней концентрическими окружностями Тем самым наша блок-схема как бы приобретает третье

йзмерение, используя которое соответствующие состояния подсистем регистрируются по шкале «весов», обозначающей выигрыш. Тогда выигрыш будет характеризовать собой функцию системы не только попадать на траекторию, вводя при этом точку в кружок, но и «влезать на холм» в кружке тоже. Эга концепция позволяет внедрить хорошо известный метод операционного исследования в теорию кибернетики и не представляет для ученого никаких затруднений.

Следовательно, вся теория жизнедеятельных регуляторов может быть принята в такой мере, насколько это нам необходимо. Уже доказывается ее чрезвычайная полезность для практики. Тем не менее, заслуживало бы внимания следующее высказывание: «В данном случае мы имеем дело с научным методом ведения исследований в особенно трудной области человеческой деятельности, а именно в области выработки решений на уровне рекомендаций (в этих рекомендациях часто содержатся ценные суждения)». Мы не имеем дела с методом, применив который каждый мог бы сказать. «Мы воспользовались данным методом, и все расходы были компенсированы в течение года». Цель административной кибернетики несколько отличается от цели операционного исследования. Кибернетик пытается отыскать лучшие структуры управления деятельностью предприятия. Когда у него это получается, то нет никаких сомнений в том, что предприятие находится в выигрыше

Глава седьмая

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ПРОЧЕЕ

Большая часть обсуждавшихся в данной книге примеров операционных исследований предполагала привлечение электронных вычислительных машин. Тогда, не является ли работа в области науки управления в действительности вопросом приложений вычислительных машин к решению производственных проблем? Эта точка зрения неверна. Как уже говорилось вначале, движение, ставящее своей целью организацию научного управления, существовало в течение всего столетия и в результате мы получили «операционные исследования», возникшие под этим названием в 1938 г. Если бы все это зависело в действительности от электронных вычислительных машин, то спрашивается, что мы делали до 1950 г, когда эти машины только впервые стали доступными?

Нет, правильный ответ на вопрос заключается в том, что каждое научное направление в любую эпоху характеризуется тенденцией использовать весь арсенал вооружения, которым наука располагает в данный момент времени. Применение дифференциального исчисления является в наше время порядком, заведенным в науке, хотя до Ньютона и Лейбница, которые создали этот раздел математики, наука тоже существовала. Даже сегодня продолжает существовать обилие научной работы, например в биологии, которую нельзя выполнить без использования дифференциального исчисления.

То же самое имеет место и с вычислительными машинами. Вопрос об использовании вычислительной машины в каждом конкрет-

ном случае решается в зависимости от потребности Однако если попытаться задуматься обо всем этом, то можно увидеть, что задача управления требует изучения весьма сложных ситуаций. Действительно, эти возможные ситуации гораздо более сложны, нежели то, во что верит сама администрация. Поэтому мы допускаем возможность использования вычислительных машин. В частности, мы пытались бороться за точку зрения, в соответствии с которой наука управления не должна ограничиваться изучением обычных разделов управления. Она должна охватывать больший круг вопросов. Серьезного внимания заслуживают системные вопросы, поскольку науке известно, каким образом можно описывать структуры более круп-

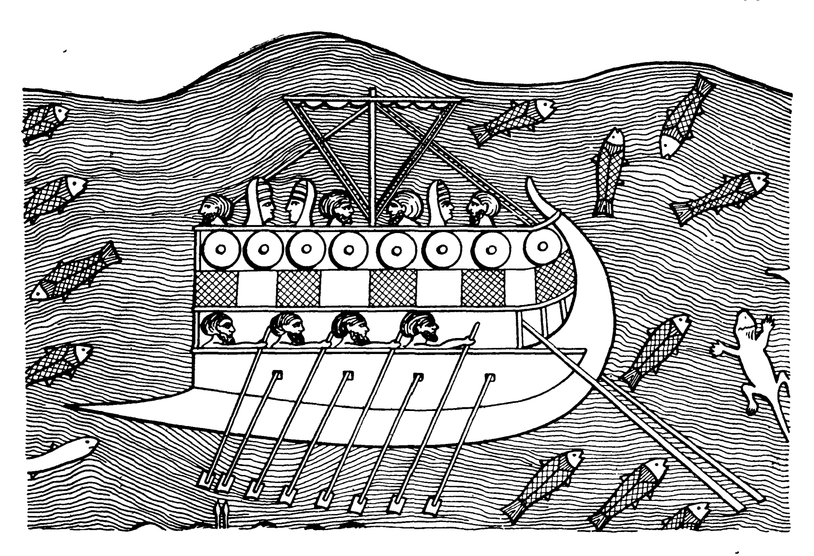


Рис. 47. Если сравнить конструкцию раннего парохода Фитча с ассирийским гребным судном, то можно видеть, что на ранних этапах механизации паровая машина устанавливалась просто вместо человеческих мускулов

ные и более сложные, чем стереотипные части систем. Поэтому представляется чрезвычайно естественным, чтобы ученый — специалист по вопросам управления использовал бы современные научные средства, гарантирующие наибольшую определенность при проведении сложных расчетов, необходимость в которых может возникать в процессе исследования очень больших систем.

Теперь необходимо заметить следующее: все то, что истинно для ученого, является истинным и для самого организатора. Лица, занимающиеся вопросами управления, оказывают существенное влияние на выбор научного арсенала, который используется при создании промышленной технологии и управленческого оборудования для контроля. Первая промышленная революция механизировала мускульную силу. Она дала нам на вооружение способы подъема, толкания и тяги, которые оказались независящими от че-

ловеческих усилий Более того, это дало нам механическую точность и допуски, которые человеческая рука сама по себе не могла бы обеспечить.

Так мы вошли в эру развитой механизации. Это позволило обеспечить автоматическое выполнение последовательностей операций. Вместе с тем это дало промышленности не только мускульную силу и высокое мастерство в нажатии на кнопку, но также и контроль за выполнением операций. Работа токарно-револьверного станка с самоуправлением и способность поточной линии перемещать рабочие детали для смены операций по обработке — все это исключило необходимость человеческого вмешательства в процесс

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ЭВОЛЮЦИЯ

Давайте попытаемся воспользоваться умозрительной моделью из области физиологии для того, чтобы описать, как развивалась ситуация. Перед промышленной революцией индустрия сама создала реальный скелет будущей организации. Однако не были известны источники энергии, и поэтому работа промышленных предприятий производилась с использованием только лишь ручного труда мужчин, женщин и детей. Появление механизации обусловило развитие энергетики Маломощные источники энергии были использованы для того, чтобы обеспечить работу соответствующих устройств, выполнявших операции, требовавшие больших затрат энергии.

Если продолжить разговор о физиологической модели, то автоматизация добавляет к механизации вычислительные возможности мозга. Это означает создание средства для производства выбора. И подобно мозгу, автоматизация может выполнить эту задачу только в том случае, если обеспечиваются условия успеха. В случае задания входных данных и условий автоматическое устройство, независимо от того, заключено оно в металлическом кожухе или содержится в черепной коробке, может «сознательно» сделать надлежащий выбор. Операционное исследование само раскрывает механизм выбора. Тогда вот что является признаком автоматизации, которую мы ищем: способность автоматически принимать решение Поскольку это является вопросом престижа, то призыв к автоматизации используется некоторыми людьми просто как модный лозунг, причем эти люди в действительности торгуют усовершенствованной механизацией. Отличительный знак автоматизации — элементарная возможность решения. Это то, что возвещает о второй промышленной революции

Физиологическая модель, которую мы используем, дает нам нечто большее ключа — на этот раз к будущему. Мы сами показываем возможность решения, которая во многих отношениях программируется в нас самих. Во время обучения мы что-то получаем, так как создаем программы решений в нашем мозгу. Однако наверняка существует где-то в нас самих более значительная способность к решению, а именно к решению на базе решения, с тем чтобы определить собственный критерий успеха.

Какой бы ни была наша исключительная природа как индивидуальностей, во всех наших делах посредничает мозг. И кибернетика усиленно пытается раскрыть секреты мозга. Вероятно, однажды узнается путь, который раскрывает одну из особенностей мозга; после этого она может быть формально определена и далее нет практических трудностей в разработке устройства, подобного чело-

веку, которое позволило бы воспроизводить данную особенность мозга. Поэтому нет ничего невозможного в том, чтобы рассматривать автоматизированное общество будущего, способное к формулированию своей собственной стратегии. Сегодня мы знаем, каким образом можно автоматизировать процесс принятия решений: речь идет о новом средстве, предполагающем появление на горизонте третьей промышленной революции. И этот этап в эволюции человеческого вида уже получил название кибернетизм.

ЧТО ЗАДЕРЖИВАЕТ РАЗВИТИЕ СОБЫТИЙ?

Механизация, усовершенствованная механизация, автоматизация и кибернетика — таковы пути прогресса. Большая часть промышленности находится сегодня во второй фазе развития, в то время как существуют возможные предпосылки к переходу ее на третий этап. Тогда что же задерживает этот переход? Администрация часто полагает, что поскольку автоматизация является дальнейшим шагом в эволюции человеческого общества, то она достигается просто как часть обычного развития при использовании существующих способов Однако этого не происходит, а если и случается, то крайне редко. Давайте познакомимся, за счет чего образуется разрыв между тем, что нам известно, и тем, что есть в действительности.

Причина указанного разрыва заключается в организации и структуре наших систем. Почему промышленность организуется именно таким образом, как это принято сейчас? Почему мы наблюдаем различия между производством, продажей, техникой, исследованием и финансами? Ответ необычайно прост. Современная производственная деятельность — это большое и сложное дело. Ни один человек не в состоянии описать ее с достаточной степенью точности Ограничения возможностей человеческих рук, глаз и мозга заставляют нас заниматься отраслевой деятельностью. Существует разделение труда даже в высочайших интеллектуальных сферах. Одни люди должны специализироваться в одних вещах, другие — в других. Разделения в промышленности базируются в основном на ограничении человеческих возможностей. Они также связаны с историческими и географическими условиями.

Наличие исторических ограничений должно согласовываться с путем, который выбирался на практике любым предприятием. Оно начиналось с небольшого эксперимента и развивалось путем разрастания. Поэтому его скелет, каким мы можем видеть его сегодня, не является результатом логического анализа, исходя из которого должна выявляться подобная структура. В географическом отношении также существует тенденция строить предприятия в одном месте, и это сдерживает их развитие независимо от того, говорим ли мы о двух производственных отделах, расположенных в противоположных концах одного и того же завода, или же о местном рынке и рынке в другой стране. Однако даже такие «замороженные» история и география являются следствием ограниченных человеческих возможностей, поскольку, исключив ограничения, обусловленные несовершенством руки, глаза и мозга, можно было бы исторически объединить все достижения последнего времени и недавнего прошлого в неделимое целое. И тогда Индию и Америку можно было бы рассматривать как единый рынок, если администрация некоего местного предприятия, расположенного, скажем, в Европе, обладала бы способностью устанавливать мгновенно с помощью телепатии, что же происходит где-то на другом континенте

Так мы достигаем понимания того, что способ представления окружающей действительности в виде структурных форм обусловливается в действительности неспособностью людей организовывать эти структурные формы различным образом. Теперь на сцену выходит автоматизация. Периферийное оборудование предоставляет возможность почувствовать все происходящее вокруг нас и позволяет произвести измерение этого в любом масштабе и на любом расстоянии. А ведь это так много! Далее автоматизация обеспечивает возможность очень быстрой передачи всех данных на любое расстояние, так что вся информация может быть сконцентрирована в одном месте, накоплена и скопирована (учтена) с помощью электронной вычислительной машины. А ведь ограниченные возможности человека не позволяют ему обеспечить быстрое выполнение этих операций, хотя он может, и довольно искусно, и накапливать, и сортировать, и копировать поступающую информацию, но опять же при ограниченном объеме сведений. Наконец, автоматизация обеспечивает возможность производить выбор и принимать решения на основе использования всей этой информации с учетом того, что наш бедный мозг не в состоянии произвести одновременную обработку этого более чем достаточного количества параметров. По меньшей мере это трудно хотя бы просто в количественном отношении. Если же существует необходимость в получении численных результатов, то мы быстро пасуем даже в случае трех параметров. Чтобы проиллюстрировать это, можно привести пример, продемонстрированный на международном конгрессе ученых. Их вниманию была предложена написанная на доске система трех линейных уравнений с тремя неизвестными и предлагалось решить эту систему в уме, определив значения неизвестных x, y и z. Коэффициенты были выбраны равными единице, и предполагалось существование единственного решения. Тем не менее, систему никто не решил.

Тогда приведем аргумент, аналогичный только что рассмотренному. Мы выработали в течение столетий структуру управления для выполнения необходимых функций, независимо от того, идет ли речь об управлении деятельностью фирм или же об управлении целыми государствами. Эта структура зависит самым непосредственным образом от ограниченных возможностей человеческой руки, глаза и мозга. Открытие административной кибернетики, связанное с методом операционных исследований и новой техникой автоматизации, сделали возможным выполнение необходимых функций новым путем, характеризующимся наличием меньших ограничений, так как мы настаиваем на оставлении первоначальных структур и их автоматизации. Поступая подобным образом, мы облачаем в сталь, стекло и полупроводники те весьма ограниченные возможности руки, глаза и мозга, о которых вычислительной машине в точности известно, каким образом их можно превзойти

ПЕРЕОСМЫСЛИВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕОСМЫСЛИВАНИЯ

Если необходимо автоматизировать какой-либо процесс, то он должен быть тщательно изучен с целью выявления возможности улучшения условий Здесь исследуется возможность применения операционных процедур и процедур, используемых для решения задач управления. Но за этим процессом скрывается проблема принятия решений, реализация которых улучшала бы протекание процесса Это и есть то, что необходимо переосмысливать

Например, одним из крупнейших приложений вычислительных машин явилась автоматизация составления платежной ведомости. Вообразите контору, полную клерков, которые заняты выполнением сложных расчетов. Основная заработная плата работника должна быть известна. Затем учитывается влияние на зарплату различных причин, которые могут быть чрезвычайно усложнены, и предполагается проведение большой работы, близкой по характеру к информационному поиску. Кроме того, необходимо сделать вычеты: налогов, различных страховых взносов и др. Хорошо, если вычислительные машины настолько «умны», насколько об этом говорят люди, тогда просто нет причины, почему весь этот процесс не мог быть автоматизирован. Это обеспечит получение гигантской экономии в канцелярском труде и сэкономленных денег должно оказаться достаточно много, чтобы обеспечить оплату машинного обслуживания. Весьма вероятно, что именно так и произойдет.

Однако рассмотренный процесс, независимо от того, будь он ручной, механизированный или автоматизированный, направлен на то, чтобы решить проблему выплаты заработной платы работникам за их труд. Но и само предприятие совершенно не то, каким оно было прежде. Это высокомеханизированное предприятие, на котором выпуск продукции контролируется с помощью управляющей вычислительной машины с центральным процессором — устройством обработки данных. Это означает, что для измерения труда работников и для выполнения его оценки могут быть найдены весьма хитроумные способы. Отпадает необходимость в ведении сомнительных записей с использованием бумаги и чернил, которые затем должны посылаться в контору; следует заниматься только лишь табулированием данных с использованием перфокарт — носителей информации, характеризующихся более высокой точностью записи. Нет более необходимости в бесхитростных схемах, взятых для того, чтобы заранее предусмотреть возможность возникновения тех или иных ситуаций.

Тогда, чем же является бухгалтерия при таких обстоятельствах? Она не имеет права на существование. В то же время в вопросе об автоматизации работы конторы существует небольшой камень преткновения. Причина, почему ее работа может быть автоматизирована, заключается в том, что она выполняет на предприятии определенную служебную функцию. И эта функция, забывающая, что она является служанкой, а не чем-то, производящим материальные ценности, занимается своим развитием в направлении автоматизации — цель, которую она будет стремиться достигнуть всеми правдами и неправдами.

Между тем, если исходить из нужд предприятия, производственники имеют достаточное количество своих собственных проблем, которые могут решаться с привлечением управляющей вычислительной машины. В то же время они заинтересованы в том, чтобы функции бухгалтерии выполнялись так же, как и прежде. Отсюда возникает проблема, каким образом следует разрезать длинную тонкую болванку из раскаленного металла на заготовки, которые можно было бы в последующем обработать. Потребитель настаивает, чтобы длина этих заготовок находилась в пределах от 3,5 до 6 *м*. Теперь вес металлической болванки, используемой в этом технологическом процессе, известен только лишь приблизительно и имеются остатки, которые обязательно получатся за счет отрезания обоих концов длинной болванки, получившейся после проката. Следова-

тельно, работник, занимающийся резкой металла, имеет небольшой выбор, поскольку ему надлежит нарезать заготовки определенной длины и надеяться при этом, что получившиеся при отрезании чушки не слишком длинны. Эти чушки могут составлять значительную часть от общей длины болванки. На практике средняя цифра потерь достигает 16%. Это очень большая величина, предполагающая ежегодные потери во много сотен тысяч рублей. Дело заключается в том, что цена металлических отходов низка и предприятие несет ущерб на дополнительную сумму, обусловленную потерями металла в процессе обработки.

Резание должно осуществляться быстро, пока металл еще раскаленный, и в этот момент совершенно нет времени, чтобы измерять полную длину болванки, и еще меньше, чтобы рассчитывать, как можно ее разрезать наилучшим образом. Однако использование электронных методов измерения и автоматизация резки наверняка позволят полностью исключить эти потери. Электронная вычислительная машина сама осуществит выбор рациональной длины заготовок с тем, чтобы при необходимости извлечь все преимущество из наличия полуметрового допуска. Но следует учитывать возникающие в этом случае определенные затруднения. Некоторые потребители не указывают диапазона допустимых длин заготовок, задавая точный размер. В подобных случаях осуществление автоматизации процесса резки не оказывает никакой помощи и производство попрежнему терпит убытки. Если же приходится удовлетворять оба вида заявок, то очень может быть, что применение вычислительной машины позволит вдвое уменьшить предыдущие потери, но в среднем 8% металла будут по-прежнему теряться. Экономия достаточно большая, чтобы позволить себе заплатить за вычислительную машину.

Однако в то время, как это происходит, имеются работники в отделе сбыта, беспокоящиеся о выполнении обещаний, данных различным потребителям. Очень возможно, что эти люди также попытаются использовать возможности, предоставляемые им вычислительной машиной на пути прогресса в планировании заказов.

Сбыт продукции выглядит как их личная прерогатива. Никто на предприятии не имеет права делать что-либо с книгой заказов, и более того, сбыт продукции определяется скорее всего собственным прогрессом, достигнутым в вопросах ручной регистрации данных, механизации, автоматизации. Производственники рассуждают весьма здраво — они не хотят ничего делать с книгой заказов, и она их не касается. В результате вычислительная машина предприятия остается «удовлетворенной» с экономией в 8%, в то время как можно было бы обеспечить экономию в 16%.

Это вообще-то утомительно. Во всех этих историях люди имеют вполне достаточно причин для беспокойства при попытках автоматизировать процессы, за которые они всегда являются ответственными, не предаваясь особым размышлениям о других процессах, протекающих в человеческом обществе. Можно заметить следующее. Это действительно случается и происходит везде вокруг нас, хотя необязательно случается все одновременно. Тем не менее все эти элементы описанной сложной ситуации уже наблюдались в реальной действительности и кажется, что в промышленности существует мощная тенденция двигаться в этом направлении.

Необходимо учитывать уроки этой истории. Людям свойственно ошибаться не только в процессе переосмысливания проблем, лежа-

щих в основе процессов, которые они автоматизируют. Они ошибаются также при переосмысливании структуры, которая лежит в основе проблем. Ибо, как уже было доказано, встречающиеся структуры существуют вне времени и пространства, они необязательно являются самыми подходящими структурами для реального мира Конечно, используются также стратегии переосмысливания, которые лежат в основе процесса переосмысливания структур. И они в свою очередь зависят от целей производства. Сколько же времени прошло с тех пор, как кто-то действительно задумался об этом?

ПОЧЕМУ НЕЛЬЗЯ ОБОЙТИСЬ ТОЛЬКО ЭВОЛЮЦИЕЙ?

Пожалуй, предприятия характеризуются тенденцией к «самовлюбленности». «Посмотрите, как мы развиваемся, — говорят они. — Мы уже автоматизировали процесс составления платежных ведомостей или процесс организации очереди, или заполнение книги заказов». Это само по себе можно рассматривать как тормоз в процессе переосмысливания. Тем не менее, это — худшее, что может быть. Администрация стремится обнаружить, что автоматизация — это еще не все, что могло бы быть. Потери, которые вообще-то можно понести из-за вычислительной машины, окупаются ею самой, однако в настоящее время люди ловят себя на мысли, а нужно ли держать в уме данные о стоимости перепрограммирования на машине, необходимо ли стремиться к тому, чтобы добиваться изменения в структуре начисления заработной платы. Вычислительная машина, установленная в отделе продажи, сама себя окупила, однако емкость запоминающего устройства вычислительной машины была ограничена и правление фирмы постановило приобрести более крупную модель, не дожидаясь, пока будут полностью компенсированы все расходы, понесенные в связи с приобретением уже используемой модели. Ясно, что от этого никто не богатеет.

Из всего этого самым наихудшим представляется то обстоятельство, что второстепенные ответвления административного аппарата почувствовали заинтересованность в сохранении своей индивидуальности, и отвергать выдвигаемую ими аргументацию в защиту своей точки зрения становится все более тяжело. Ибо процесс автоматизации существующей ситуации некоторым образом укрепляет барьеры, которые разделяют один отдел от другого. Нетрудно видеть, почему должно происходить именно так. Принятая теория управления основывается на пожелании, в соответствии с которым вся ответственность за деятельность отдельных направлений должна возлагаться автоматически на руководителя, пользующегося абсолютной властью. Вот почему бухгалтер решает, каким образом автоматизировать работу бухгалтерии и составление платежной ведомости, а инженер — каким образом автоматизировать работу предприятия, и т. д. Эти выводы звучат весьма разумно, поскольку наверняка эти люди представляют то, о чем они говорят.

Затруднение заключается в следующем. Все они являются единственными людьми, которые провели свою жизнь, познавая собственно, почему вещи должны быть такими, какими они есть. Поэтому они являются самыми неподходящими личностями, чтобы рассматривать, каким образом необходимо изменять ситуацию. И тогда великая новая техника автоматизации не имеет способов выражения своего потенциала и администрация совершенно не в состоянии понять, каким образом следует ее использовать.

В то же время целесообразно говорить о параллельном выполнении работ при деятельности по усовершенствованию. Результатом всего этого должно стать постоянное изучение возможностей, представляющих интерес с точки зрения автоматизации процессов, и это связано со знанием существа предмета, исходя из чего старая администрация должна производить соответствующий выбор. Часто люди действуют следующим образом. Они объявляют, что автоматизация процессов связана с необходимостью решения чисто технических проблем, что под силу лишь специалистам — инженерам по электронике и экспертам по вопросам обработки данных. Однако каждый, кто прислушивается к общим положениям о сущности неделимости в жизнедеятельных системах, изложенным в этой книге, наверняка поймет, что автоматизация обеспечивает появление благоприятной возможности создать цельное управление. Мы стали уж очень хорошо разбираться в деле организации работы предприятия, разделенного на отдельные части, функционирующие таким образом, как если бы это было цельное предприятие.

Вспомните призыв к переосмысливанию целей предприятия и затем стратегий, в соответствии с которыми преобразуются эти цели. После этого должны быть разработаны структуры, соответствующие представлениям этих стратегий, и указаны проблемы, применительно к которым использование подобных структур окажется целесообразным. Только поступив подобным образом, мы достигнем понимания процессов, связанных с решением проблем, и можем с уверенностью сказать, является ли автоматизация ответом на поставленный вопрос. Каким же образом организатор, мысля вполне земными категориями, должен подходить к решению этой гигантской задачи, предлагая идеи, которые он уже полностью израсходовал на обеспечение нормальной деятельности производства?

Ответ сводится к тому, что требуется ориентироваться на рациональные идеи, правильные по существу. Мы уже рассмотрели ряд положений, связанных с наукой управления, которая хорошо адаптируется благодаря исследованию операций и кибернетике, чтобы можно было попытаться приступить к выполнению этого единственного управления. Модель компании и ее деятельности необходима, и мы уже видели, каким образом это может быть вообще-то сделано. В действительности нецелесообразно говорить о предпочтительности полной автоматизации. Если для проведения анализа природы предприятия и его деятельности используется наука управления, то наверняка придется столкнуться с необходимостью рассмотрения вопросов о целях, стратегиях и всем остальном. И вполне естественно будет очень хорошо известно, что автоматизация отдельных процессов сможет улучшить деятельность предприятия.

Поэтому автоматизация должна случайно «наткнуться» на установившийся процесс современного управления. Это — единственная проблема, отличающаяся от всех остальных, встречающихся в обычных случаях

Многие примеры могут быть приведены из-за неразберихи, которую мы сами же устраиваем. К несчастью, люди, которые должны бы знать об этом лучше других, иногда придерживаются линии наименьшего сопротивления. Поэтому и случается, что одно из наиболее значительных предприятий мира, занимающееся производством вычислительных машин, рекламирует свои машины, помещая рекламные объявления, например, следующего характера: «Вам не

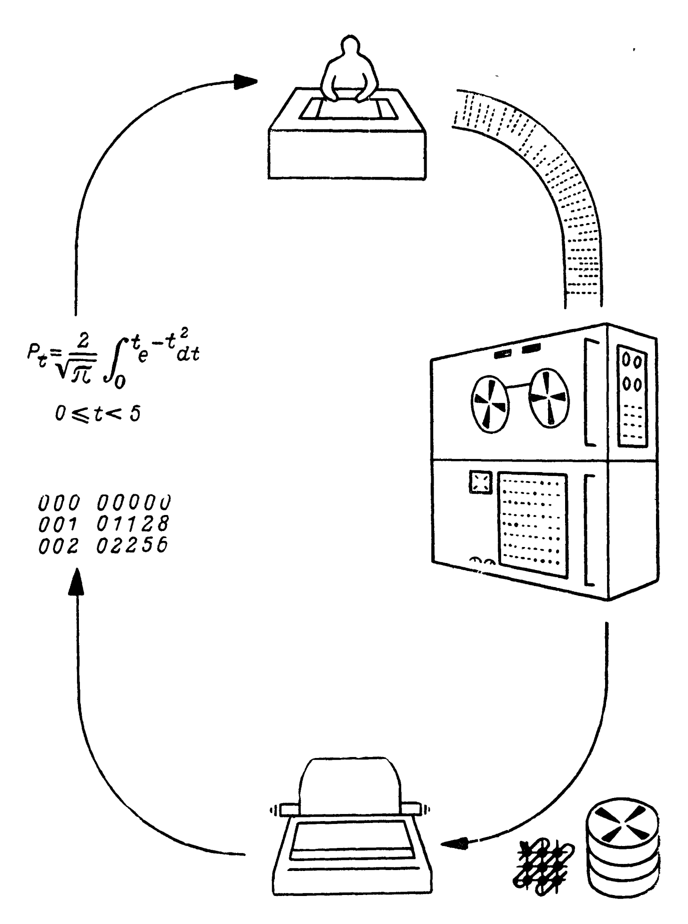


Рис. 48. Простой случай использования вычислительной машины. Задача, решение которой следует довести вплоть до получения численного результата, передается программисту, осуществляющему ее перевод на машинный язык, составленная программистом программа вычислений вводится в запоминающее устройство вычислительной машины; результат, полученный после проведения вычислений по этой программе, может быть отпечатан на телепринтере или же использован автоматически в каком-либо последующем процессе

придется заниматься повторной разработкой конструкций процедур или изменять содержание ваших сообщений, накладных или других документов». Лица, помещающие подобные объявления, поступают неблагоразумно. При таком подходе можно добиться получения лишь кратковременной выгоды, но при рассмотрении деятельности

за длительный период времени эти поборники автоматизации понесут ущерб из-за указанных ими же целей. То же самое можно сказать относительно тех, кто смотрит на попытки приложения автоматизации с излишним пессимизмом. Они не только несут уже перечисленные здесь потери; они способствуют возникновению социальной проблемы, которая в действительности является результатом этого недостатка предвидения. Если цель автоматизации рассматривается совершенно ошибочно как средство замещения людей машинами, то вполне естественно, что подобный подход приведет к возникновению крупных проблем из-за человеческого пустословия. Однако эти проблемы здесь не обсуждаются, поскольку они надуманны. Задача, которая должна решаться, заключается в том, чтобы добиваться увеличения национального продукта, не делая людей безработными. При соответствующем привлечении науки управления данная задача может быть решена.

СО ВРЕМЕНЕМ МЫ ОБУЧИМ ДАЖЕ КОНСЕРВАТОРОВ

Прежде чем закончить обсуждение, справедливо заметить, что целая совокупность приведенных здесь аргументов приложима как к другим видам производства, так и к деятельности самого руководства. Возьмем любой пример и попытаемся его аргументировать

Обратимся к области, которая в большинстве государств является заботой общественного сектора — обеспечение общим обслуживанием, если иметь в виду, например, путешествия. Здесь мы опять встречаемся с ошибками из-за изолированности, совершенными отдельным предприятием, но воспроизведенными в большом масштабе. Система транспортировки не является согласованной, она не рассматривается как единая сеть. Обычный автомобильный транспорт конкурирует с железными дорогами и воздушным транспортом самым беспорядочным образом, и все стоит огромных денег для страны. Между тем усилия ученых, прилагаемые к вопросу организации подобной деятельности, растрачиваются по мелочам на улучшение и, возможно, автоматизацию процессов, которые, может быть, никогда не должны предприниматься. Здесь нет ничего похожего на науку управления.

Если перейти к рассмотрению вопроса о самом руководстве, то здесь ситуация еще более плохая. Однажды автору этой книги пришлось быть ответственным за эффективное использование специализированных курсов, предназначавшихся для повышения квалификации и рассчитанных на восьминедельный срок обучения В процессе работы было решено, что необходим критерий, ориентируясь на который можно было бы исключить кандидатов, достигших нормы, на которую рассчитывались курсы. В то же время попытка ввода критерия с целью помочь в решении вопроса о том, какие же кандидаты слишком отстали в развитии, чтобы извлечь пользу от курсов, увенчалась успехом только лишь после кровавых битв. «Нет человека, которого нельзя было бы обучить»,— раздавались крики либералов. Это не вызывает сомнений, однако в мире руководителей-практиков каждый наверняка должен знать, что существуют люди, которые не поддаются эффективному обучению за эти восемь недель, отведенных на решение данной задачи.

Весьма странно, каким образом «практики» с возложенной на них ответственностью за управление деятельностью часто исключали те или иные варианты, оказываясь в очень невыгодном положении

Специалист по вопросам управления, которого практик будет называть лишенным практического чутья, пытается оценивать соответствующие ресурсы прежде, чем изыскивать способы их оптимального размещения для удовлетворения нужных целей. Поэтому служба здоровья должна иметь достаточное количество докторов, а служба образования — достаточное количество учителей. Если же не хватает ни тех, ни других (как это имеет место в сегодняшней Великобритании), то руководство должно организовывать два вида курсов При этом либо можно улучшить плату и усло-

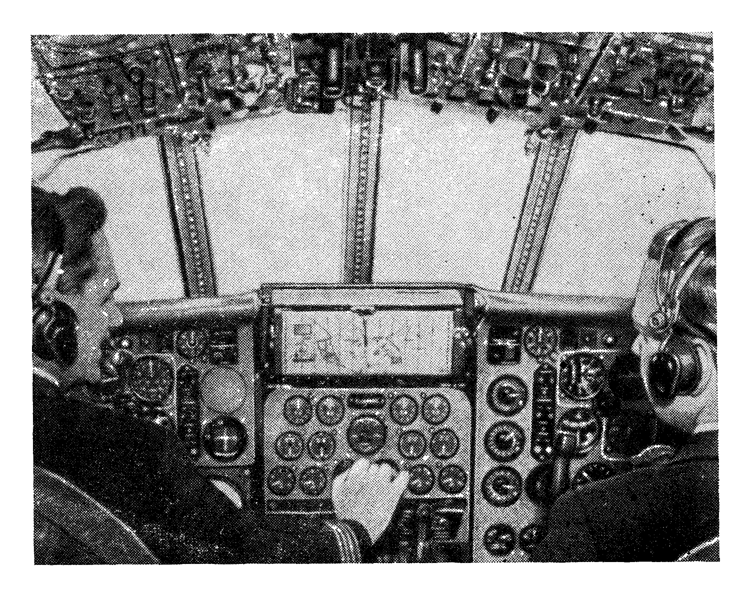


Рис. 49. Аппаратура системы автоматической навигации, установленная на борту воздушного лайнера, обеспечивает не только автоматическое вычисление местоположения самолета в любой момент времени, но и отображение результата на карте для пилотов.

вия и благодаря этому привлечь большее количество преподавательского состава, либо необходимо использовать современные способы, предлагающие, скажем, автоматизацию процесса обучения, чтобы попытаться реализовать те преимущества, которые они предоставляют А это свидетельствует о привлечении исследования операций к решению вопросов организации общей практики, например, независимо от того, выглядит ли это вмешательством в понимание доктором Гиппократом своих пациентов или же нет.

Может быть, лучше принять рецепт, «не свойственный человеку», от вычислительной машины, чем умирать из-за беспомощности медицины. Может быть, лучше быть обученным арифметике «наподобие домашней хозяйки» по телевидению лучшим педагогом с мировым именем, чем проводить бездарно свое время за спиной

аудитории из сорока студентов, наблюдающих за некомпетентным преподавателем. Без сомнения, исследование операций может предложить средства диагностики и процедуру лечения для целого ряда небольших расстройств, не вызывая необходимости прибегать к услугам квалифицированных специалистов-медиков. Несомненно, кибернетика может помочь сконструировать обучающие машины, обеспечивающие гораздо более полный контроль за успеваемостью учащихся и контакт с ними, чем безответный телевизионный экран

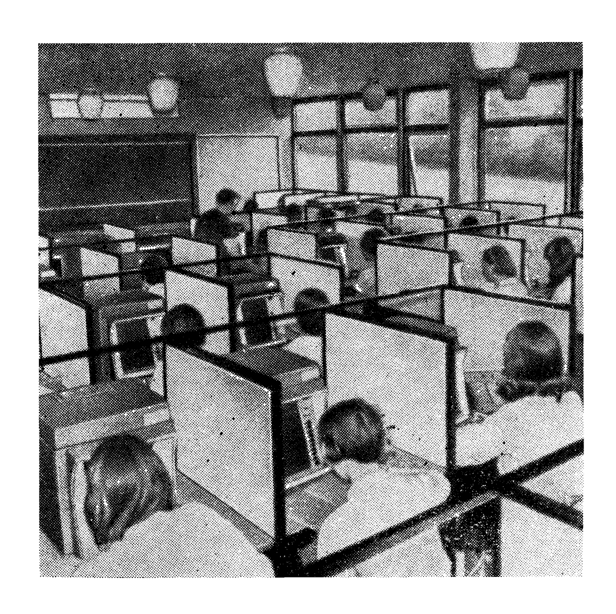


Рис. 50. Последние достижения в области автоматизации. Ученики средней школы изучают программирование для электронной вычислительной машины путем использования автоматических обучающихся машин с регулируемой обратной связью.

Если сказать, что проблемы подобного рода могут быть успешно решены с привлечением научных способов, то это не означает, что мы призываем обратиться равным образом к мистицизму другого вида, создавая тем самым как бы некоторую конкуренцию. Наука — это не какое-то магическое слово, и ученые — не полубоги. С другой стороны, наука хранит систематизированные знания человечества о вселенной и научный метод позволяет добавить опыт человечества при попытках выработать рациональный подход к решению проблем. Следует ли думать о преувеличении роли случая, целесообразно ли запродавать большее количество товара, чем имеется в наличности, для того чтобы проповедывать со всей страстностью чью-то команду о том, что действительно сложные проблемы заслуживают профессионального рассмотрения?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 40 коп.